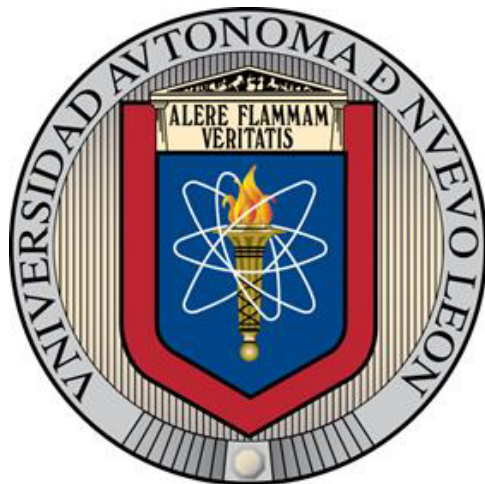


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



TESIS

**SISTEMAS DE INTEGRACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL
EN EL MARCO DE INDUSTRIA 4.0: EVALUACIÓN Y DESARROLLO**

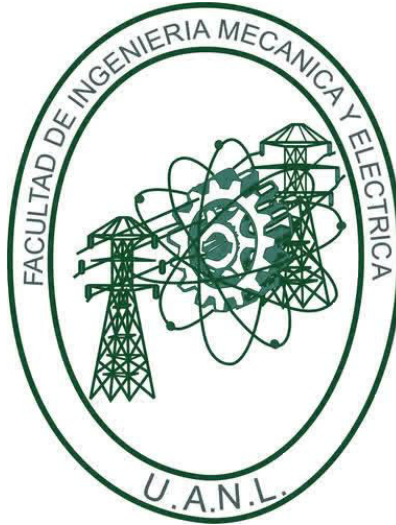
POR

MAGDIEL PÉREZ LARA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO**

MARZO, 2018

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



TESIS

**SISTEMAS DE INTEGRACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL
EN EL MARCO DE INDUSTRIA 4.0: EVALUACIÓN Y DESARROLLO**

POR

MAGDIEL PÉREZ LARA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO**

MARZO, 2018

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Subdirección de Estudios de Posgrado

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Sistemas de integración vertical y horizontal en el marco de industria 4.0: Evaluación y desarrollo», realizada por el alumno Magdiel Pérez Lara, con número de matrícula 1834737, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Tesis

Jania Astrid Saucedo

Dra. Jania Astrid Saucedo Martínez

Asesor

[Firma]

Dr. José Antonio Marmolejo Saucedo

Revisor

[Firma]

Dr. Tomás Eloy Salais Fierro

Revisor

Vo. Bo.

[Firma]

Dr. Simón Martínez Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado



San Nicolás de los Garza, Nuevo León, diciembre 2017

Porque de Él, por Él y para Él son todas las cosas.



ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	xii
Resumen	xiv
1. Introducción	1
1.1. Descripción del problema	3
1.2. Objetivo	4
1.2.1. Objetivos específicos	4
1.3. Justificación	5
1.4. Hipótesis	5
1.5. Metodología	6
1.6. Estructura de la tesis	7
2. Antecedentes	9
2.1. Esquema conceptual de industria 4.0	9
2.1.1. Tecnologías y herramientas disponibles	16
2.1.2. Arquitectura de referencia	26

2.1.3. Campos de aplicación y áreas de oportunidad	30
2.2. Logística y cadena de suministro	31
2.3. Logística y cadena de suministro en industria 4.0	33
3. Modelos de negocio	37
3.1. Conceptualizaciones	37
3.2. Modelos de negocio basados en innovación	38
3.2.1. Modelo de negocio Canvas	41
3.3. Requerimientos básicos para el desarrollo de un modelo de negocio en industria 4.0	42
3.3.1. Infraestructura	46
3.3.2. Estructura organizacional	47
4. Caso de estudio	50
4.1. Industria Automotriz	52
4.2. Tendencia y crecimiento	53
4.2.1. Expansión y alcance en el mundo	53
4.2.2. Crecimiento y desarrollo en México	54
4.2.3. Industria Automotriz en Nuevo León	55
5. Metodología	58
5.1. Mapeo de la estructura organizacional	59
5.1.1. Integración vertical	59

5.1.2. Integración horizontal	62
5.1.3. Herramientas de industria 4.0	64
5.1.4. Instrumento de medición	68
5.2. Evaluación de la información en el modelo de negocio	72
5.2.1. Organización	72
5.2.2. Mercado	74
5.3. Evaluación y desarrollo organizacional	76
5.3.1. Focos de industria 4.0	76
5.3.2. Niveles y medición de industria 4.0	78
5.3.3. Formato de resultados	80
6. Aplicación y resultados	81
6.1. Diseño de instrumento	82
6.2. Evaluación de instrumento	84
6.2.1. Resultados de objetividad	85
6.2.2. Resultados de validación	86
6.2.3. Resultados de confiabilidad	92
6.3. Análisis de caso	93
7. Conclusiones	95
7.1. Contribuciones	99
7.2. Trabajo a futuro	100

A. Relación entre categorías	102
B. Instrumento de evaluación	105
C. Validación de Alfa de Cronbach	116
D. Niveles industria 4.0	122
E. Resumen ejecutivo	125
F. Producción científica	129
F.1. Publicaciones	129
F.1.1. Artículos con arbitraje	129
F.1.2. Memorias en congreso	129
F.1.3. Presentaciones	130

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1. Revoluciones industriales	11
2.2. Distribución de artículos científicos de industria 4.0	15
2.3. Porcentaje de artículos encontrados por categorías en el escenario de tecnologías y herramientas	17
2.4. Porcentaje de artículos encontrados por categorías en el escenario de arquitectura de referencia	27
2.5. Integración de la cadena de suministro	32
2.6. Flujo de materiales de acuerdo al nivel de integración de una compañía	33
2.7. Actividades de la cadena de valor	34
2.8. Percepción de las operaciones de la cadena de valor y uso de tecnologías	35
3.1. Modelo Canvas	41
3.2. Los cinco niveles de configuración para la estructura vertical de una compañía	43
4.1. Reporte de compañías en digitalización e integración en porcentaje	51
4.2. Planeación de inversión de compañías de diversos sectores en industria 4.0 en porcentaje	52

5.1. Secciones de medición	60
5.2. Tecnologías prominentes en industria 4.0	65
5.3. Elementos de análisis del modelo Canvas organización-mercado	73
5.4. Niveles de desarrollo de industria 4.0	78
6.1. Elementos y criterios del instrumento de evaluación de sistemas . . .	83
6.2. Pruebas de evaluación	84
6.3. Aspectos de dependencia de la objetividad	85
6.4. Esquema de validación de contenido	87
6.5. Modelos de estudio seleccionados en industria 4.0	89
6.6. Diseño de constructos	90
6.7. Evaluación por expertos	90
6.8. Sectores participantes en validación	93

ÍNDICE DE TABLAS

2.1. Metodología de revisión de literatura	12
2.2. <i>Ranking</i> de investigaciones por país	15
3.1. Comparativo de modelos de negocio	40
3.2. Comparativo de atributos en industria 4.0	45
5.1. Metodología de evaluación y transición	58
5.2. Mapeo de la estructura organizacional de la empresa	59
5.3. Escala de consistencia de Alfa de Cronbach	72
6.1. Modelos de evaluación en industria 4.0	87
A.1. Interrelación entre categorías de industria 4.0	102
B.1. Diseño del instrumento de evaluación	105
C.1. Gestión de datos para Alfa de Cronbach	116

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme vida y permitirme cumplir una meta más.

A mis padres Manuel y Elsa por su afecto y cariño y por ser el soporte en todo momento y a pesar de la distancia siempre están presentes con las mejores palabras.

A mis hermanas. Jessie, por estar pendiente en todo momento y brindar puntos de vista que ayudan a crecer. Yeli y Lucy por ser ese parte de inspiración y motivación y que a pesar de no compartir mucho tiempo juntos son lo mejor que puedo tener. Elí, por ser el hermano que siempre crea un ambiente ameno en cualquier momento.

A mis amigos, la familia por elección. Shairy por su paciencia en las miles de ocasiones donde el tema de conversación era el proyecto de investigación. Viridiana, Alexandra, Dayana, Rosario, Nancy, Jackeline, Ximena y Luis por fomentar el ambiente de confianza y regalarme la sensación de estar en casa. Deyanira, Eunice y Javier en los que he encontrado más que compañeros de aula, personas extraordinarias con muchos focos de aprendizaje y palabras apropiadas en momentos complicados.

A la Dra. Jania por brindar dirección en la realización de esta investigación y ánimo en situaciones críticas. A mi comité de tesis por ser ese núcleo de aprendizaje lleno de cuestionamientos, que propició la búsqueda de respuestas y crecimiento personal.

A mis profesores, por brindar lo mejor de ellos para transmitir conocimiento e inspiración de desarrollo profesional.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica por ser el espacio de formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el soporte brindado.

A quienes intencionalmente, o de forma inadvertida contribuyen a ser mejor persona.

Sinceramente, Gracias!

RESUMEN

Magdiel Pérez Lara.

Candidato para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: SISTEMAS DE INTEGRACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL EN EL
MARCO DE INDUSTRIA 4.0: EVALUACIÓN Y DESARROLLO.

Número de páginas: 148.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO: La presente investigación contiene elementos conceptuales, técnicos y de análisis aplicables al sector industrial, con el objetivo de desarrollar una metodología de transición gradual, en la que se establezcan criterios de organización, gestión y operación de la cadena de valor para fortalecer los sistemas de integración horizontal y vertical, así como aplicar herramientas y tecnologías acorde a los principios de industria 4.0.

La metodología de investigación se ha dividido en dos secciones:

La primer sección se desarrolla detalladamente a través del análisis de contenido cualitativo y expone las bases de los conceptos y tendencias de la cuarta revolución industrial en el mundo, así como brechas de oportunidad en el ámbito de logística y cadena de suministro.

La segunda sección propone una metodología de transición compuesta por tres fases, dando mayor énfasis a la primera, esta consiste en desarrollar una herramienta de evaluación de los sistemas de integración horizontal y vertical, estableciendo criterios puntuales, así como agentes de evaluación internos y externos para la obtención de resultados consistentes medibles en cuatro niveles de desarrollo de industria 4.0, la segunda sección presenta una opción de análisis por medio del Modelo Canvas para analizar el impacto de las herramientas en la empresa en estudio, y la tercer fase desarrolla un resumen ejecutivo como la opción de presentar resultados a la compañía.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: Industria 4.0 se presenta de manera inminente en el mercado global, transformando radicalmente la industria, los negocios, los sistemas, la sociedad y holísticamente el modo de vivir.

En términos industriales, esta revolución impacta en todos los aspectos a los procesos productivos, sin dejar lugar a la expectativa, por lo tanto, para su adopción se necesita asertividad y pragmatismo.

Las contribuciones se han dividido en dos secciones:

- Contribución de análisis: se ha obtenido mediante estudio sistemático en tres áreas: contenido cualitativo de industria 4.0 en administración y operaciones, prospección de tecnologías aplicables en cadena de suministro y la exploración de modelos de negocio disruptivos y de actualización de la cadena de valor.
- Desarrollo técnico: el desarrollo de un instrumento de medición para evaluar sistemas de integración, gestión y operación, considerando tecnologías y el diseño del formato de resumen ejecutivo para la presentación de resultados.

Se concluye en tres escenarios de acuerdo al desarrollo del proyecto:

- Determinantes de investigación: Esta revolución se considera integradora desde el punto de vista que incluye tecnologías, herramientas, habilidades, destrezas y

conocimientos disponibles, para brindar autonomía a los sistemas, incrementar los niveles eficiencia, servicio al cliente y sustentabilidad, así como el uso de conexiones ciberfísicas por medio del internet de las cosas, interrelacionando a los agentes participantes en los procesos y creando cadenas sincronizadas con flujos físicos y de información a disposición.

- Diseño de instrumentos: El desarrollo de investigación muestra la creación de instrumentos de medición, para ello, ha establecido una serie de procedimientos y pruebas para la consistencia y veracidad en la recolección de datos, mismos que pueden ser replicados en instrumentos enfocados en diferentes áreas de gestión.
- Caso de aplicación: La preparación del caso de estudio incluye el proceso para el suministro del instrumento a las personas involucradas que darán respuesta, en la que se establece el equipo interdisciplinario de diferentes áreas de la empresa (clientes, organización, operaciones), ha sido aplicada la herramienta y se han obtenido resultados satisfactorios en el análisis.

Firma del asesor: _____

Dra. Jania Astrid Saucedo Martínez

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La evolución de los mercados y los requerimientos de los clientes con niveles de precisión elevados, han creado junto a los sistemas tecnológicos y de información una nueva forma de operar de las empresas. Así que, solamente quienes tengan la capacidad de adaptación rápida e innovación podrán permanecer en el mercado.

La transformación de los sistemas productivos se ha presentado con distintos ritmos, según las necesidades del mercado y las herramientas disponibles.

La primera revolución industrial tiene lugar con la máquina de vapor y surgen herramientas mecánicas de producción aproximadamente en los años de 1780.

La incorporación de la energía eléctrica y motores de combustión a los procesos de fabricación, dio lugar a la producción en cadena, originando la segunda revolución industrial en los años de 1890.

La tercera revolución industrial tuvo lugar en los años de 1990 con el empleo de sistemas de información, líneas automatizadas y desarrollo de nanotecnología.

Desde el 2011 se vive la cuarta revolución industrial, esta incluye sistemas ciber-físicos, industrias y productos inteligentes monitoreados por internet.

El último sistema evolutivo empresarial es llamado industria 4.0 (se tomará indistintamente este concepto con la cuarta revolución industrial), en este sentido,

se perciben las operaciones como un sistema holístico del funcionamiento de una nueva era. Involucra un conjunto de sistemas que intervienen en el ramo industrial y de servicios así como en el modo de vivir, en el que se analiza desde grandes corporaciones y fábricas inteligentes hasta una vivienda, bajo parámetros tecnológicos, de sustentabilidad y autonomía.

Dentro del área organizacional y empresarial podemos concebir todas las actividades como un conjunto de operaciones ligadas a sistemas en la red y manejo de la información, permitiendo el flujo eficiente.

Con esta nueva percepción de la industria y de los negocios, se involucran distintas herramientas de análisis que apuntan a mejorar la calidad en el servicio a los consumidores, provocando mayor competitividad en el mercado y haciendo que el diferenciador sea un aspecto de identidad y no de aspectos tangibles del producto o del servicio.

Existen ciertos problemas presentados en el ámbito empresarial, concretamente en la cadena de suministro, recayendo esta responsabilidad sobre las acciones de gestión logística llevadas a cabo por la empresa y que carecen de explotación de la totalidad de herramientas al alcance.

En este sentido, la logística juega un papel relevante en las compañías y su desempeño de acuerdo con los parámetros de industria 4.0 la hacen una gran fortaleza, pues echa mano de múltiples herramientas que tienen el mismo fin, hacerla ágil, en todos los elementos de análisis y operaciones de la cadena de valor.

La presente investigación se sustenta en criterios de organización e integración horizontal y vertical con el fin de proveer el desarrollo de las herramientas disponibles en industria 4.0. A partir de ello, brindar mejoras a la administración interna, cadena de valor y de suministro, con el fin de generar ventajas competitivas.

En la siguiente sección se plantea el problema de acuerdo al contexto mencionado anteriormente.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los avances tecnológicos, sistemas de información, disposición de herramientas y dispositivos al alcance de los consumidores, han dado lugar a exigencias estrictas por parte de los clientes, esto ocasiona presión a las organizaciones para dar respuesta rápida y eficiente.

Estos requerimientos están enmarcados en tres escenarios principales:

- Operaciones: el replanteamiento de éstas no tiene la finalidad de marcar un cambio radical en el funcionamiento de la organización, sino adecuar los sistemas tecnológicos y administrativos a un nuevo nivel de explotación, en el que las herramientas potencialicen el valor de las actividades que integran la fabricación del bien o la creación del servicio.
- Organización: es un criterio de gran peso en el funcionamiento de la empresa, se ve envuelto en innovaciones estructurales en las que influye la sinergia de los departamentos y el desempeño del capital humano, para ello la visión de la empresa debe ser global y abierta al cambio bajo conceptos de integración, para que mediante estructuras organizacionales contribuyan a la creación de valor, ello requiere excelente administración de la información y trabajo en equipo.
- Clientes: con la disponibilidad de múltiples herramientas tecnológicas, los clientes son cada vez más demandantes, en sentidos de calidad y tiempo, lo que desencadena una serie de operaciones en las organizaciones a lo largo de toda su red de creación de valor para cumplir con su mercado.

Bajo este esquema, se define que el cambio en toda organización es imperante, pues la modernidad tecnológica en los sistemas productivos requiere de nuevas estrategias que permitan a las corporaciones agilidad en sus procesos, así como ma-

nejo eficiente de información, que resulte en sinergia organizacional con ventajas competitivas.

Entendido el problema, la siguiente sección presenta los objetivos que se pretenden alcanzar.

1.2 OBJETIVO

Desarrollar una metodología de transición gradual, en la que se establezcan criterios de organización, gestión y operación de la cadena de valor para fortalecer los sistemas de integración horizontal y vertical, así como aplicar herramientas y tecnologías acorde a los principios de industria 4.0.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Crear un análisis categórico de las herramientas pilares de la cuarta revolución industrial mediante una revisión analítica de los avances preponderantes en el ámbito industrial y tecnológico.
- Determinar los criterios que contribuyen a la integración de los sistemas horizontal y vertical así como el sistema tecnológico.
- Integrar una metodología sistemática que permita determinar el nivel de industria 4.0 y generar propuestas para incrementar el nivel alcanzado impactando en el modelo de negocio.

Comprendido el problema y los objetivos que se desean alcanzar, la siguiente sección presenta la justificación de los mismos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En un mercado donde la apertura económica es una directriz determinante que ocasiona competitividad de mayores exigencias, provoca que todas las empresas laboren en un esquema de mejora continua y alta productividad en sus procesos.

En la administración, es necesaria la aplicación de nuevas técnicas que permitan la generación de valor que concluye con estabilidad en el mercado con tendencias a incrementar.

La era tecnológica y del conocimiento, en ambientes industriales y sociales modernos, demanda de las empresas excelencia operacional en rubros distintos: administración, manejo de información, cadena de suministro, producción, entre otros; con el fin de alcanzar sinergia organizacional que brinde ventajas competitivas dentro del sistema productivo y a lo largo de toda su cadena de valor.

Esto ha ocasionado una severa divergencia en la administración y las operaciones, diferencia que permite distinguir plenamente a las compañías que laboran bajo criterios tecnológicos comprendidos en industria 4.0, de las que no lo hacen.

Este distintivo revela la evolución acelerada y logros obtenidos por las corporaciones que han transformado sus procesos al nuevo sistema; bajo esta premisa, en la siguiente sección se presenta la hipótesis de investigación.

1.4 HIPÓTESIS

La estructura organizacional es el elemento principal que brinda soporte a las operaciones de la empresa, por lo que debe de estar basada en sistemas de integración que estén a la vanguardia y respondan eficientemente a los requerimientos y retos que exige el mercado como un sistema versátil.

Al desarrollar una metodología de transición gradual en la que se establecen y evalúan criterios de organización, gestión y operación de la cadena de valor, se determina el nivel tecnológico y organizacional para fortalecer los sistemas de integración horizontal y vertical así como aplicar herramientas y tecnologías acorde a los principios de industria 4.0.

Entendido el marco de referencia del problema, se propone la metodología descrita en la siguiente sección, para el logro de los objetivos planteados.

1.5 METODOLOGÍA

En general el desarrollo del proyecto se efectúa en dos fases que permiten la comprensión sistemática del problema, el cumplimiento de objetivos, así como de la integración de la metodología, a continuación, se muestran explícitamente:

- Revisión de literatura: se realizará mediante el análisis de contenido cualitativo, en el que se recopilarán y analizarán artículos científicos, tesis, reportes de conferencias y memorias de congresos, obtenidos de diversas revistas especializadas relacionadas a los avances tecnológicos de industria 4.0 y a la administración de empresas.

En esta primer fase se obtendrán criterios determinantes para proponer la metodología de solución, además, brechas de conocimiento y tecnológicas que deben incluirse en la investigación.

- Metodología de solución: consistirá en la creación y estructuración de la herramienta de evaluación con los criterios obtenidos en la primera fase.

La herramienta de evaluación dará como resultado el nivel actual de industria 4.0 de la empresa, con el fin de revelar oportunidades para desarrollar las tecnologías considerados.

Una vez identificadas las herramientas, se eligen las prioritarias para la empresa y se analizan en el modelo de negocio, con la finalidad de obtener una visión general e identificar el impacto que tienen estas herramientas en la creación de valor de la empresa, así como el nuevo nivel de industria 4.0 obtenido.

La siguiente sección detalla la organización del contenido de investigación.

1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

El presente trabajo de investigación se desarrolla a partir del siguiente orden:

El capítulo uno presenta la introducción y generalidades del proyecto, da a conocer el problema en estudio y los objetivos que se han planteado alcanzar para darle solución.

En el capítulo dos se abordan los antecedentes mediante una sistemática revisión de literatura, en la que se analizan diferentes escenarios y se presentan herramientas disponibles, así como sistemas de administración y de gestión comprendidos en industria 4.0.

Después de comprender los elementos administrativos, se detalla el capítulo tres, en este se exponen las bases teóricas de modelos negocio con tendencia a la innovación, y se fusiona con los elementos de la nueva revolución industrial.

Una vez comprendida la funcionalidad del modelo de negocio y las estrategias que deben tomarse como base empresarial, el capítulo cuatro describe a detalle el desarrollo de la industria automotriz en el ámbito global, en México y se enfoca al estado de Nuevo León, se da un panorama de las operaciones de la cadena de suministro a través de los modelos de negocio con los que realizan las actividades, con el sustento teórico acerca de los conceptos de industria 4.0, innovación administrativa, logística y el detalle del sector en estudio.

En el capítulo cinco se desarrolla la metodología para la evaluación y desarrollo de los sistemas de integración vertical y horizontal, seguida de la estructuración de modelo de negocio para el sector automotriz, se incluyen especificaciones presentes de la cuarta revolución industrial.

Posteriormente, en el capítulo seis, se da a conocer la aplicación y los resultados, que consisten en una presentación estructurada de la validación del instrumento de medición, así como un caso de estudio para visualizar el comportamiento de una cadena de valor con especificaciones de industria 4.0.

Las conclusiones son presentadas en el capítulo siete y son alusivas a la investigación, al desarrollo y validación del instrumento, a la aplicación de caso, así como logros obtenidos y trabajos futuros.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

La perspectiva de la evolución de la industria y la incorporación de tecnologías ha generado una compilación de nuevos desafíos. Estos retos deben cumplirse y afrontarse para lograr la estabilidad y permanencia en el mercado, desde el punto de vista de las economías mundiales, con mayor énfasis en producción, así como en los aspectos principales en los que descansa la base de la manufactura inteligente, con el planteamiento de estrategias y plataformas de administración (Kang *et al.*, 2016a).

Este capítulo presenta información de conceptualización y desarrollo histórico de la industria, así como las tecnologías que prevalecen en la actualidad, además, expone a la cadena de suministro en este ámbito.

2.1 ESQUEMA CONCEPTUAL DE INDUSTRIA 4.0

Con el paso de los años, las necesidades humanas incrementan gradualmente, en proporción a estos cambios en la demanda, han surgido escenarios en los que se puede apreciar el cambio que ha tenido la respuesta en diversos periodos.

Antes del siglo XVIII los requerimientos de la sociedad eran suplidos con la producción manual, y algunas herramientas mecánicas, esto limitaba en gran medida la cobertura de mercados y el volumen de producción.

Aproximadamente en los años de 1780 surge la máquina de vapor y empiezan a existir equipos sofisticados, dando lugar a la primera revolución industrial, esto trajo importantes cambios en la forma de producir y transportar mercancías (Toro *et al.*, 2015).

A medida que pasan los años, existen nuevos descubrimientos que son usados a favor de la industria. La incorporación de la energía eléctrica a las herramientas de producción y la utilización de motores de combustión, dieron lugar nuevos esquemas productivos como la producción en cadena. Éstos cambios fueron considerados como la segunda revolución industrial aproximadamente en los años de 1890 (Stojki'c *et al.*, 2016).

A partir de 1990 sucede la tercera revolución industrial. La energía eléctrica permitió el desarrollo de nuevas herramientas para producción, en combinación con sistemas electrónicos y de información se empleaban líneas automatizadas. Además, se empiezan a considerar los materiales a nivel nano, lo que representa un avance en la investigación de materiales y la forma de mejorarlos (Anderl, 2014b).

Desde el año 2011 se considera el inicio de una nueva revolución industrial (Simonis *et al.*, 2016). Esta se basa en sistemas ciber-físicos, industrias y productos inteligentes, así como ciudades interconectadas. La nueva era consiste en la combinación de escenarios físicos y tangibles con los sistemas de información (Botthof, 2015), al grado de llevar las operaciones a un nivel de sinergia en tiempo real.

Se considera la tecnología basada en redes e internet (Wolter *et al.*, 2015) y se visualiza el mundo de los negocios como un sistema integral bajo criterios de colaboración.

El enfoque considerado en esta revolución, son operaciones inteligentes y autónomas, sin embargo, el nivel superior debe ser evaluado por la razón humana para la toma de decisiones y criterios de sensibilidad (Dombrowski y Wagner, 2014).

La definición de la cuarta revolución industrial (también llamada industria 4.0),

se liga a conceptos múltiples, que involucran sistemas de información, colaboración, trabajo en red, uso de internet, entre otros. La figura 2.1 muestra esquemáticamente la transición de las revoluciones industriales.

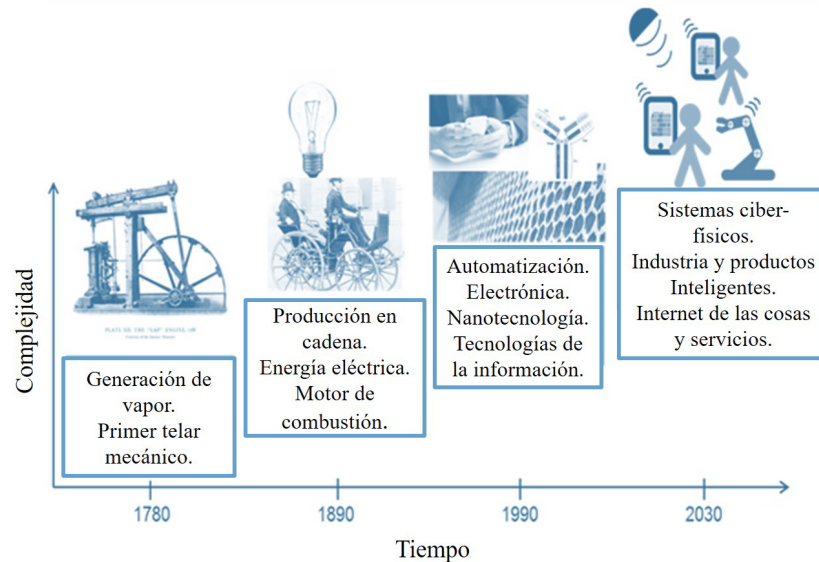


Figura 2.1: Revoluciones industriales

Fuente:Dombrowski y Wagner (2014)

Con la finalidad de fijar bases conceptuales, y encontrar aplicaciones ligadas a industria 4.0 y a la cadena de suministro, se ejecuta una investigación cualitativa para crear escenarios de la situación actual, las tendencias y directrices de la cuarta revolución.

El proceso de investigación se desarrolló bajo la metodología que muestra la tabla 2.1, la búsqueda se realizó a partir de la base de datos de la Universidad Autónoma de Nuevo León, las revistas consultadas se refieren a áreas multidisciplinarias y especializadas de economía y administración, dentro de las cuales destacan:

- Academic OneFile (www.gale.cengage.com/AcademicOneFile)
- EBSCOHost (www.ebscohost.com)
- Emerald (www.emeraldinsight.com)

- Science Direct (www.sciencedirect.com)
- Springer (<http://www.springer.com>)
- IOP Science (www.iopscience.iop.org)
- IEEE Xplore (<http://ieeexplore.ieee.org>)

Tabla 2.1: Metodología de revisión de literatura

		Descripción de fase	
		Características	Objetivo
Fases de Investigación	Recolección de datos.	Incluye artículos relacionados a la evolución industrial y uso de tecnologías.	Colecciona artículos que se relacionan con la investigación en diferentes áreas de las operaciones de negocio.
	Estrategia de muestreo.	Esta estrategia se estableció considerando el muestreo discriminativo (Peña, 2006) y análisis descriptivo.	El desarrollo de la revisión de literatura cubre el periodo comprendido entre 2012 y 2017.
	Selección de categorías.	Maximizar las oportunidades para verificar argumentos construidos, así como la relación entre categorías.	Visualizar los parámetros de investigación que se han desarrollado en industria 4.0 relacionados a tecnologías y operaciones.
	Evaluación de material.	Se realiza por medio de estructuración y organización de todo el material recolectado.	Conocer los avances y tendencias del progreso científico y tecnológico en industria 4.0.

Fuente: Adaptación de Elo *et al.* (2014)

Las palabras clave incluidas en el proceso de búsqueda son «Industry 4.0», «Internet of things», «smart factory», «smart logistics», «supply chain», «business model», estas se combinaron entre sí utilizando los operadores booleanos «and», «or», «not» y «xor».

Se evaluó una selección de documentos de gran relevancia en los temas de industria 4.0 e innovación de modelos de negocio; primero la conceptualización de esta revolución industrial, así como el análisis de ambientes de producción flexible, sistemas cibernéticos y el papel de la cadena de suministro en este contexto, en el periodo comprendido entre los años 2012 y 2017. Por lo tanto, todos los documentos publicados antes de 2012 fueron descartados.

En la revisión de literatura de Shafiq *et al.* (2015), se mencionan tres conceptualizaciones para industria 4.0:

- Integración de maquinaria y dispositivos complejos, con redes de sensores y software, usados para predecir, controlar y planear de mejor manera los negocios y resultados en la sociedad.
- Nuevo nivel de organización y administración de la cadena de valor a través del ciclo de vida de los productos.
- Término colectivo para tecnologías y conceptos de la organización de la cadena de valor.

A través del marco de referencia creado por el análisis de literatura, relacionando términos y agrupandolos se puede emitir una definición de industria 4.0:

- Sistema holístico de tecnologías de información, personas, máquinas y herramientas, que permite el flujo de bienes, servicios y datos en forma controlada y en tiempo real, a través de la cadena de valor, con operaciones con alto grado de autonomía y elevada capacidad para transmitir información útil para la toma de decisiones.

Industria 4.0 tiene tres elementos principales para su actuación dentro de los sistemas productivos y para cada uno de ellos hay diferentes retos (Foidl y Felderer, 2016):

- Integración horizontal a través de toda la red de creación de valor: esto considera todos los eslabones de la cadena de valor y las relaciones que se desarrollan, establece y mantiene las redes que crean y añaden valor.
- Ingeniería de extremo a extremo a través de todo el ciclo de vida del producto: analiza sistemáticamente los datos obtenidos en todo el proceso productivo, y permite tomar decisiones rápidas, con el seguimiento del producto o servicio, con enfoque de calidad y satisfacción al cliente.
- Sistemas de fabricación, de integración vertical y en red: su fin principal es hacer que una fábrica funcione de manera inteligente con sus productos y procesos de producción, administrando apropiadamente los niveles de inventario, mantenimiento, fallos en máquinas, entre otros aspectos, su soporte son sistemas de producción ciber-físicos.

La figura 2.2 muestra el gráfico de los artículos recopilados, y es posible visualizar el aumento de las investigaciones sobre este tema, por lo que se considera importante conocer las aplicaciones que pueden derivarse de la combinación de las tecnologías y herramientas disponibles en industria 4.0.

Las investigaciones consultadas provienen de 32 países (para esta determinación se consultó la adscripción de los autores de las publicaciones), donde han desarrollado propuestas de aplicación, bases teóricas e incluso avances sobre industria 4.0, la tabla 2.2 muestra el *ranking* de investigaciones en este tema, puede verse que la mayor concentración de la investigación proviene de Alemania, que afirma el origen de esta revolución en este país.

En el análisis de información la asignación de categorías para los artículos se realizó de manera que cada artículo pertenece a una sola, discriminando que era posible conectarse con otra, considerando que industria 4.0 es integral y que cubre varias a la vez, la discriminación se hizo indagando en el contenido y eligiendo la de mayor impacto en la publicación, dejando en segundo plano las correlaciones cualitativas entre ellas.

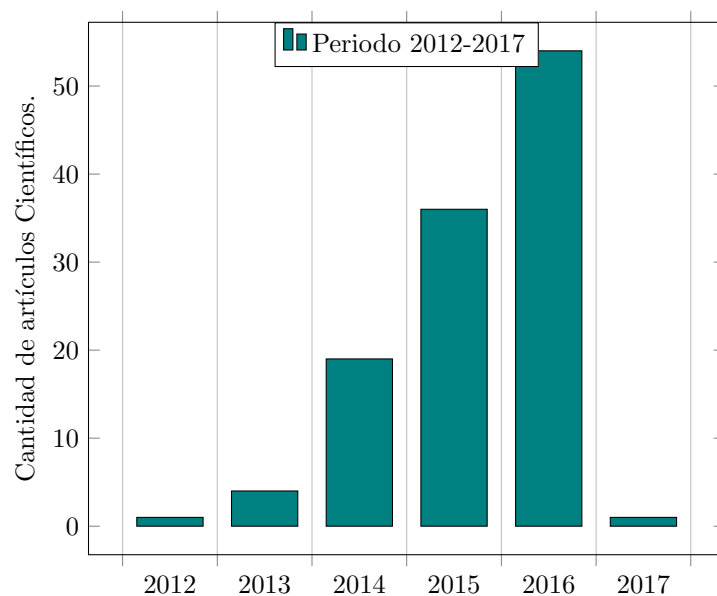


Figura 2.2: Distribución de artículos científicos de industria 4.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.2: *Ranking* de investigaciones por país

País	<i>Ranking</i>
Alemania	38 %
Estados Unidos	14 %
China	7 %
España	4 %
Reino Unido	4 %
Austria	4 %
Suiza	4 %
Resto del mundo con porcentaje menor a 4 %	24 %
Total	100 %

Fuente: Elaboración propia

Para obtener los mayores resultados de comprensión de la información e identificar las áreas de oportunidad, se analizaron los artículos en dos escenarios distintos:

- Tecnologías y herramientas disponibles.
- Arquitectura de referencia.

2.1.1 TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DISPONIBLES

Este escenario surge del proceso de investigación y la manera de estructurar los avances, de acuerdo a este proceso, se estudió que existen nueve pilares o bloques que integran industria 4.0, y no se encontró investigación alguna que relacionara los avances de cada uno de ellos en el marco de gestión y administración, por lo tanto, se utilizaron como base de investigación con la consideración de clientes, operaciones y sistemas de producción (Trends., 2015; Toro *et al.*, 2015; Gilchrist, 2016b).

Ciento quince artículos fueron revisados y divididos entre los nueve bloques, la figura 2.3 muestra el gráfico de los artículos asignados a las categorías en porcentaje, además se puede observar cómo hay algunos bloques que han sido acentuados en las investigaciones recientes mientras que otros aún están en crecimiento, a continuación se describen los hallazgos en cada uno de ellos.

2.1.1.1 BIG DATA Y ANÁLISIS

El rol de los datos se observa en este esquema como un base para la generación de conocimiento útil para la toma de decisiones. Se toma como referencia, que cualquier dato generado interviene en desarrollo de las actividades, por lo cual incluirlo en la toma de decisiones es imprescindible. *Big data* está estrechamente ligado con minería de datos, y comparten elementos similares sobre la administración de la información para generar conocimiento (Chen *et al.*, 2015).

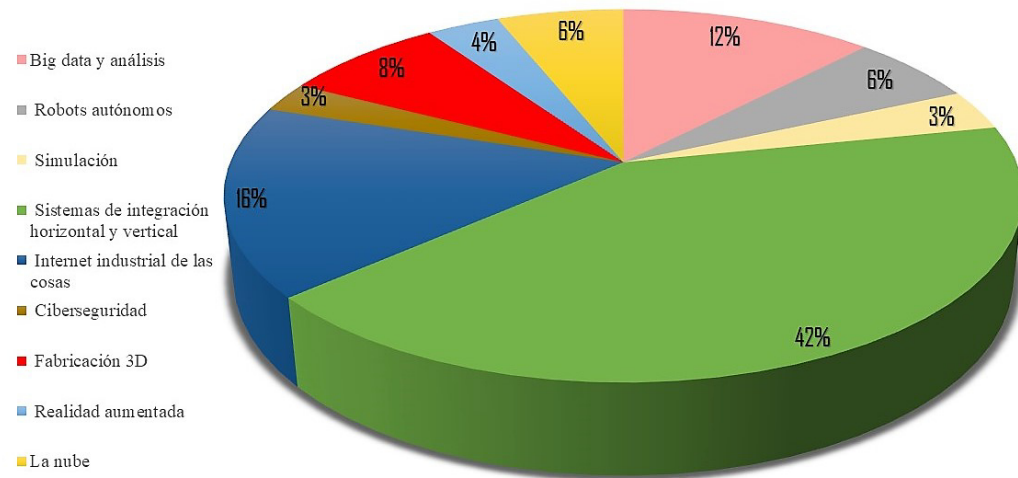


Figura 2.3: Porcentaje de artículos encontrados por categorías en el escenario de tecnologías y herramientas

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de revisión de los artículos científicos, el empleo y aplicación de *big data* alcanzó el 12.2% esto se debe a que, para establecer las conexiones entre sistemas (máquinas, información, vinculación con sensores, entre otros), debe tener el soporte del internet de las cosas, desarrollo de robots, almacenamiento de datos en la nube, con el fin de obtener información necesaria que se pueda procesar, esta situación de dependencia explica que el crecimiento de *big data* va de la mano con otros bloques de industria 4.0.

La importancia de la generación y uso de los datos en el nuevo panorama industrial, es responder a cambios y fluctuaciones por medio de plataformas conectadas de forma rápida y eficiente, esto cambia el sentido de las operaciones, si las decisiones se tomaran sin análisis, el tiempo de respuesta sería prolongado y en la mayoría de los casos poco eficiente (Esmailian *et al.*, 2016). El análisis de la información es un elemento importante en la creación de valor (Kagermann, 2015) y en la forma de establecer procedimientos estratégicos que intervienen en todo el proceso productivo (Matties, 2016).

Hay criterios determinantes para el empleo de datos en la toma de decisiones,

muchos de ellos están basados en técnicas cualitativas y de agrupación; en contraste, en la revisión de literatura se ha encontrado la aplicación numérica y matemática para facilitar este proceso. En este sentido, se plantean algoritmos para la reducción de costos en los procesos.

La generación de datos sucede en todos los procesos productivos (Schuh *et al.*, 2014a), también se encuentran propuestas de organización autónoma y coordinación, mediante un análisis en el que los datos son gestionados y filtrados para generar información útil, esto permite la optimización de los procesos de producción, calidad y servicio (Wang *et al.*, 2016).

En la revisión de literatura se establecen varios componentes involucrados que crean el ambiente apropiado para el aprovechamiento de los datos (Ji *et al.*, 2016; Fedorov *et al.*, 2015) a continuación se mencionan algunos:

- Conexiones con sensores y redes.
- Computación en la nube.
- Ciber sistemas.
- Contenido y contexto.
- Colaboración entre las partes involucradas.
- Personalización.

2.1.1.2 ROBOTS AUTÓNOMOS

Una manera de reflejar la producción integral es fortalecer las actividades de los procesos con la utilización de robots autónomos, de esta forma se disminuyen errores en tareas simples.

En la revisión de literatura posee un 6.1 % de las investigaciones, es decir, está en crecimiento medio, se relaciona estrechamente con los niveles de automatización de la compañía, esto se debe, a que los robots incrementan el nivel de eficiencia de las líneas de producción y en cierta medida mejoran el sistema (Brettel *et al.*, 2016a).

Para lograr este flujo eficiente es necesario establecer relaciones de la generación de las acciones de los robots con sistemas de administración de la información (Bagheri *et al.*, 2015a; Schlott, 2013), esto representa un contexto de integración de tecnologías y objetos físicos (Botthof, 2015; Kolberg y Zühlke, 2015).

El uso de los robots está en crecimiento sostenido, y no es únicamente en las líneas de producción, sino también está abarcando otras áreas importantes, como la administración en la generación de reportes de manera autónoma cuando se liga a sistemas de administración empresarial *Enterprise resource Planning* (ERP) (Faller y Feldmuller, 2015).

2.1.1.3 SIMULACIÓN

Considerada como la opción por excelencia para el ahorro de tiempo y recursos. Evalúa los cambios y comportamientos en la configuración de máquinas, flujo de procesos y diseños de planta; prueba la efectividad de los cambios sin que estos sean realizados (Moreno *et al.*, 2016).

Con un 3.5 % tiene un auge significativo en la nueva era industrial, su metodología forma parte del análisis estratégico en la creación de nuevos proyectos.

Proporciona su mayor ventaja al probar las decisiones que se planean ejecutar, en este sentido, asegura el éxito bajo determinados parámetros, o bien niega el paso a la operación. Estas condiciones deben incluir estrictamente la estructura del sistema socio-técnico de producción, es decir, tecnologías, organización y el factor humano (Dombrowski y Wagner, 2014; Long *et al.*, 2016).

Sus aplicaciones en el sistema de producción actual relacionan las redes de abastecimiento en un ambiente ciberfísico y la coordinación que debe tener para la programación de la producción (Ivanov *et al.*, 2016b).

2.1.1.4 SISTEMAS DE INTEGRACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL

La visión de la integración de sistemas es crear un escenario de colaboración entre ingeniería, producción, proveedores, mercadotecnia, y las operaciones de la cadena de suministro, considerando los niveles de automatización y flujo de información.

El 41.7 % de la literatura consultada se refiere a él, esto se debe a la gran cantidad de elementos que lo conforman para que se puedan llevar a cabo las actividades de integración (Kapoor, 2014).

En principio, la integración de sistemas es el primer paso para hacer realidad la visión de industria 4.0 y plasmar sus objetivos (Schlechtendahl *et al.*, 2015). Para ello se analizan los sistemas como un todo, en él se considera el flujo productivo y en este sentido, se proponen cambios estructurales de organización y administración de objetos físicos, así como el establecimiento de conexiones con los sistemas de información (Lee *et al.*, 2015; Vyas *et al.*, 2016).

La explicación a la integración de sistemas alude a: flujo vertical y refiere a como desarrolla y ejecuta una compañía sus actividades, e incluye elementos básicos, como la estructura organizacional, su factor humano, las relaciones de sus departamentos, su nivel tecnológico y su administración; de manera complementaria, el flujo horizontal incluye relaciones externas, establece las redes de integración con proveedores, clientes, sistemas de información y administración, sistemas tecnológicos entre otros (Schuh *et al.*, 2014b; Hermann *et al.*, 2016).

Otra explicación a la magnitud de este bloque, es que, en cierta medida, se

relaciona a los ocho bloques restantes. Hace uso de ellos para fortalecer la sinergia de sus redes y ejecutar en toda la cadena de valor las actividades de forma inteligente, puede definirse como las bases del desarrollo de industria 4.0 (Qin *et al.*, 2016).

Para realizar esta integración se consideran los elementos con los que debe contar el sistema para desempeñarse exitosamente se consideran diversas perspectivas, los objetos físicos, las características del flujo de información, los elementos para la automatización y más.

Las operaciones en las que impacta directamente este bloque, es la programación de flujo de material en las cadenas de suministro, y se liga a la administración de sistemas de información (Sokolov y Ivanov, 2015; Maier *et al.*, 2015), para ello, el nivel de flexibilidad de la compañía también debe considerarse como factor determinante para la integración (Brettel *et al.*, 2016b; Mazak y Huemer, 2015b).

La colaboración entre sistemas es un criterio importante en la integración y se considera para incrementar la productividad empresarial, en este sentido, las compañías deben consolidar relaciones a largo plazo y bajo esquemas de confianza (Schuh *et al.*, 2014b; Schumacher *et al.*, 2016).

También plantea características empresariales y desarrolla planes para la estructuración de modelos de negocio en industria 4.0 (Schumacher *et al.*, 2016; Kans y Ingwald, 2016a; Waldner *et al.*, 2015).

La integración de sistemas visualiza el funcionamiento global como un todo; pasa de ser un sistema de innovación en las industrias a un estilo de vida. Considera fuertemente la generación de energía de manera autónoma (Gabriel y Pessl, 2016).

La integración total de un sistema productivo debe incluir sistemas inteligentes de manejo de información, objetos físicos vinculados a la nube y en red para el flujo de datos, capital humano capacitado, además, establecer relaciones con los sujetos involucrados en el proceso con conexiones sólidas que permitan desempeñar las actividades en esquemas de colaboración.

2.1.1.5 INTERNET INDUSTRIAL DE LAS COSAS (IOT)

Con un 16.5 %, es el segundo con mayor auge. En los últimos años se ha visto el crecimiento acelerado del internet, y se ha visualizado con mayor plenitud en el uso de *smartphones*, que tienen gran capacidad de procesamiento de datos y múltiples funciones, que hacen que la vida cotidiana se conecte con otros sistemas.

Internet, es un eje vertebral en el desarrollo de industria 4.0, prácticamente administra la información en todos los aspectos, y de este bloque se deslindan otros, como la nube, ciber seguridad, *big data* y también simulación y realidad aumentada, aunque en menor proporción (Shafiq *et al.*, 2015).

Administra todos los sistemas virtuales, de ahí su importancia, además, se considera como el soporte de industria 4.0, por tal razón, en muchos países se denomina a la cuarta revolución industrial como *the internet of things* (Hoppe, 2014; Sherwin, 2016).

En el sistema empresarial, plantea plataformas para múltiples operaciones, para las operaciones de abastecimiento suele usarse el *e-procurement*, para la administración empresarial se emplea ERP (por sus siglas en inglés) y CRM (*Customer Relationship Management*) (Gilchrist, 2016b; Stojkić *et al.*, 2016); por tales razones, el internet de las cosas es indispensable para las operaciones de flujo de información, con el uso de dispositivos y sensores, que a través de controladores centralizados la comunican de equipos, componentes, productos, servicios, procesos, etc. tanto en la compañía como en toda la cadena de suministro (Laghari y Niazi, 2016).

2.1.1.6 CIBER-SEGURIDAD

Representa un minúsculo 2.6 % en el análisis de literatura, aún así, es un elemento de mucho peso, cuando se administran en la nube datos confidenciales y desarrollo de patentes.

Ciber-seguridad surge con el desarrollo continuo de sistemas basados en internet. Seguridad en el contexto de información es un término bien comprendido en el ambiente empresarial, pero hablar de objetos conectados que generan datos y los distribuyen, es complejo y un tanto peligroso, pues presenta vulnerabilidad en el sistema, por los ataques de algún *hacker* (Weber y Studer, 2016).

El tema de seguridad en las redes, es un tópico que está adquiriendo gran importancia tanto para las compañías como en los consumidores.

La cultura de adquisiciones por internet está en crecimiento en países subdesarrollados, y que aún no se llega a la total confianza que se tiene al adquirir los productos en físico, esto es, si nos referimos únicamente a operaciones de compra y facturación que son las que ha tenido crecimiento acelerado en el mercado.

Si hablamos de industrias administradas con datos en la red, se exige un alto nivel de seguridad por las operaciones confidenciales, para ello se desarrolla aspectos legales que deben incluir el flujo de datos en la red, así como la administración de privacidad (Lu *et al.*, 2015).

La ciber-seguridad controla y protege los procesos y sistemas que operan con internet, reconoce los cambios y vulnerabilidades, además, verifica que quién accesa al sistema, es un usuario autorizado (Albers *et al.*, 2016).

Su importancia es muy relevante, en el contexto industrial, en un estudio del 2014 realizado por *Hewlett Packard* (Meissler, 2014) en temas de ciber-seguridad, se mostró que un 70 % de los dispositivos conectados a la red mostraban vulnerabilidad en los siguientes aspectos:

- Falta de cifrado de transporte.
- Autenticación y autorización insuficiente.
- Interfaz web insegura.
- *Software* y *firmware* inseguros.

2.1.1.7 LA NUBE

El papel de la nube en industria 4.0, según la revisión de literatura es de 6.1 %, toma elementos del internet de las cosas, pero, a diferencia de este, no sólo los transfiere a gran velocidad, también los almacena.

Las ventajas que representa sobre la administración de los datos de manera convencional, es la capacidad de respuesta, además de asegurar su disponibilidad desde cualquier punto en el mundo, siempre que se tenga acceso a la red (Thames y Schaefer, 2016), al igual, permite implementar nuevos sistemas para monitorear y controlar procesos a través de plataformas (Juan-Verdejo y Surajbali, 2016).

Para asegurar su disponibilidad y efectividad, se relaciona con análisis y plantea modelos de administración que hagan eficiente el sistema en estudio (Nowicka, 2014a).

Sus aplicaciones son muy variadas, en industria 4.0 busca una integración heterogénea de dispositivos y generación de datos (Abeele *et al.*, 2015).

2.1.1.8 MANUFACTURA ADITIVA

Con un 7.8 %, se refleja como uno de los objetivos meta, incrementa la eficiencia de las operaciones de producción, sin gastos innecesarios, por medio de impresión 3D facilitando la personalización de productos.

En términos de producción, industria 4.0 impacta directamente en la administración y producción. Manufactura aditiva no revoluciona en los procesos, porque ello ya se incluye en el bloque de integración horizontal y vertical y el uso de robots, pero sí en la forma de ejecutar la producción (Trends., 2015; Anderl, 2014b).

Su papel, en la planeación de la producción visualiza el proceso de creación, y se adelanta mediante la creación de prototipos va de la mano con el uso de maquinaria

inteligente (Klemp y Pottebaum, 2015), esto permite que el nivel de flexibilidad de la compañía sea evaluado antes de ejecutar la producción (Scholz *et al.*, 2016).

Con prototipados e impresión 3D la manufactura aditiva prueba los conceptos plasmados en diseño, y permite obtener pequeñas muestras sin desperdicio de material, lo que concluye en ahorros, además, permite centrarse en el consumidor incrementar el nivel de personalización (Bogers *et al.*, 2016), en convergencia con la manufactura inteligente, permite obtener resultados en un sistema de producción ideal con ventajas de ambas (Yao y Lin, 2015).

2.1.1.9 REALIDAD AUMENTADA

Posee un 3.5 % en el análisis de literatura, forma parte de proyecciones y análisis en un plano ficticio, para ello, se vale de dispositivos inteligentes en los que se combina la realidad física con elementos virtuales, esto permite conocer los comportamientos de el objeto de estudio en determinado ambiente.

Las aplicaciones de realidad aumentada son muy diversas y van desde las artes visuales, juegos y diseño arquitectónico (Kolberg y Zühlke, 2015), hasta situaciones médicas, militares, navegación y espacial, si nos centramos en la industria y procesos productivos, las actividades de impacto se reflejan en comercio electrónico, administración y *marketing*, diseño industrial y diseño de lugar de trabajo, entre otros (Wolter *et al.*, 2015).

En la aplicación, el capital humano tiene experiencias muy similares a la ejecución de actividades en un escenario real, donde la acción se soporta en el operador con la asistencia de sistemas, la configuración de parámetros del proceso, giran de acuerdo al material en uso y a las especificaciones del producto deseado, lo que se busca es sistematizar los procesos de manera individual (Simonis *et al.*, 2016).

Con el avance de la visión se reducen riesgos, para diversos procesos en la

cadena de valor; en manufactura, la realidad aumentada se basa en sistemas para mejorar los procedimientos de mantenimiento, mientras se disminuyen costos.

2.1.2 ARQUITECTURA DE REFERENCIA

La arquitectura de referencia presenta cuatro puntos indispensables para administración y operaciones en una organización.

Este criterio fue establecido en la revisión de literatura para denominar a los elementos que se deben considerar para el desempeño de las actividades en una organización.

El análisis fue llevado a cabo con la misma información estudiada en el apartado anterior, pero ahora, las categorías fueron establecidas por áreas de impacto, de acuerdo a los objetivos que buscaban resolver las publicaciones.

La figura 2.4 muestra el gráfico de los artículos asignados a las categorías en porcentaje, considerados en este escenario.

A continuación se describen los hallazgos encontrados, así como la relevancia de cada categoría.

2.1.2.1 PROCESOS DE NEGOCIO

El desempeño de las operaciones en el ambiente empresarial requiere de guías y parámetros sobre los cuales delimitar las acciones tanto de los procesos como de la cadena de suministro, esta categoría incluye el 50 % de los artículos analizados.

En la revisión de la literatura se encontraron algunos elementos importantes en el diseño de servicios con diferentes marcos de referencia, dentro de los cuales destaca la propuesta de Rennung *et al.* (2016):

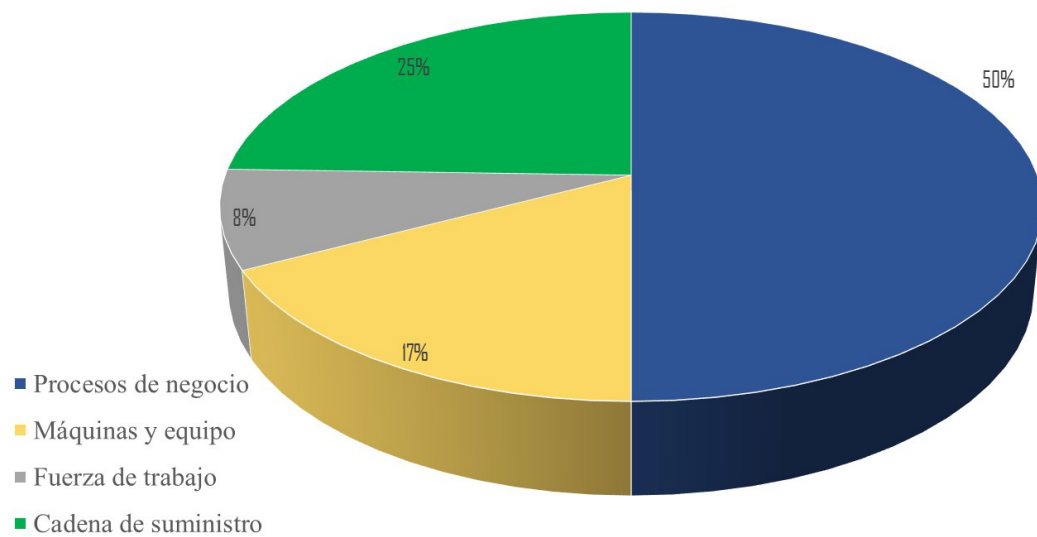


Figura 2.4: Porcentaje de artículos encontrados por categorías en el escenario de arquitectura de referencia

Fuente: Elaboración propia

- Generación de la idea,
- recepción de requerimientos,
- diseño,
- implementación,
- provision de servicios,
- evaluación,
- objetividad.

Lee *et al.* (2014) dicen que la innovación es crucial para la realización de nuevos diseños en el ambiente laboral determinado por industria 4.0, mientras que Toro *et al.* (2015) proponen que la implementación de sistemas tecnológicos debe sustentarse en el conocimiento del sistema actual, así como las perspectivas operacionales que se desean alcanzar.

Para la creación de nuevos modelos y estructura de procesos varios autores hicieron propuestas, de manera que el rediseño pueda ejecutarse exitosamente, asegurando sistemas de administración de la información bajo responsabilidad de ingeniería especializada (Sprock y McGinnis, 2015; Giret *et al.*, 2016).

Los cambios que deben ejecutarse para lograr un nuevo esquema laboral deben iniciar con la transformación del sistema administrativo de la empresa, es decir, el primer paso debe ser la integración vertical de la compañía, seguido de la integración horizontal y posteriormente la ingeniería de extremo a extremo de los productos y servicios, según lo proponen Foidl y Felderer (2016).

Es importante mencionar que esta categoría aglomera la mayor parte de artículos porque de acuerdo al desarrollo de la cuarta revolución industrial, la tendencia está focalizada en establecer bases, crear conceptos, y presentar marcos de referencia.

2.1.2.2 MÁQUINAS Y EQUIPO

El 17.3 % de los artículos analizados, explican el sistema físico de las empresas, igual se identificó que estas propuestas de diseño ciber-físico están orientadas a equipos y herramientas de empresas de manufactura (Albers *et al.*, 2016).

Aunque, las aplicaciones tecnológicas y de vinculación son puntuales, el fin es vincular los procesos de manera que estos posean un nivel de exactitud mayor, logrando mayor eficiencia y menos errores operativos.

Este apartado demuestra la creación de sistemas ciber-físicos mediante ingeniería virtual y especializada (Shafiq *et al.*, 2015), así como la infraestructura para la combinación de elementos físicos y el flujo de información por medio de sistemas tecnológicos (Lee *et al.*, 2015).

La vinculación de sistemas permite el desarrollo de máquinas sofisticadas y autónomas (Schut, 2016; Pickett, 2016) y da lugar a industrias con sistemas de

fabricación y servicios inteligentes (Hossain *et al.*, 2016; Bagheri *et al.*, 2015a).

2.1.2.3 FUERZA DE TRABAJO

En la revisión muy poco se encontró acerca del capital humano, solo un 8.2 % considera las características de este recurso, es claro que forma parte indispensable para la toma de decisiones, ciertamente estamos hablando de aplicación de tecnologías a los sistemas productivos. No obstante, el capital humano es quién brinda la dirección de los procesos, y eso lo coloca como un elemento indispensable en la transformación de las empresas.

Dombrowski y Wagner (2014) colocan al capital humano como uno de los elementos principales con el nivel socio-técnico mientras que Kapoor (2014) menciona que el estado emocional del recurso humano es de gran peso para la gestión del cambio, de manera que el éxito de una empresa se relaciona con el tipo de capital humano con el que cuenta, como afronta en cambio y las acciones de aprendizaje para la adaptación en menor tiempo y eficientemente.

2.1.2.4 CADENA DE SUMINISTRO

La cadena de suministro es el vértice de las corporaciones, en este apartado se encontró que el 24 % de las publicaciones hablan de ella, en el proceso de integración del flujo de materiales y de información con la creación de redes presentes en industria 4.0 (Sokolov y Ivanov, 2015; Schuh *et al.*, 2014b).

Una de sus características es la flexibilidad con la que debe contar para responder eficientemente a los retos de la transformación de las empresas, además de las facilidades al combinar su administración con procesos en la nube, agiliza todas las operaciones de abastecimiento, así como la gestión de almacenes, transportación y logística inversa.

2.1.3 CAMPOS DE APLICACIÓN Y ÁREAS DE OPORTUNIDAD

Nowicka (2014a) menciona que las tecnologías de industria 4.0 no se limitan a la parte de manufactura inteligente, y que su aplicación va más allá de lo que la definición en sí pueda representar, lleva el concepto al plano de administración de ciudades, bajo la base de logística, con los criterios sociales de sustentabilidad, economía y ecología, con el fin de cubrir de manera competitiva las necesidades de los residentes de las ciudades así como las dificultades de los gobiernos locales.

Las herramientas matemáticas también forman parte esencial en la planeación de los modelos organizacionales, para ello el desarrollo de una modelación matemática orientada a la estructura dinámica de control, es útil para brindar la programación dinámica de servicios para industria 4.0.

El propósito es hacer posible lo simultáneo para determinar el volumen de información de los servicios y la cadena para los procesos físicos (Sokolov y Ivanov, 2015).

La estructuración de una modelación matemática multiagente y su implementación aplicada a la manufactura inteligente, son una base fundamental para el desarrollo de modelos de negocio eficiente (Fedorov *et al.*, 2015).

Aparte de los sistemas industriales y referentes a la manufactura dentro de la administración de las operaciones, la esencia de industria 4.0 se encuentra ligada muy estrechamente la administración logística y flujo de información, de manera que las actividades de la cadena de valor puedan desarrollarse en el nuevo esquema tecnológico, la siguiente sección presenta la pertinencia logística.

2.2 LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

Según el *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP, 2013) se define a la logística como «la parte de gestión de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el funcionamiento eficiente, eficaz hacia adelante y se invierte el flujo y almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada entre el punto de origen y el punto de consumo con el fin de cumplir con los requisitos de los clientes», puede ser considerada también como la necesidad de integrar las operaciones de negocio dentro de la cadena de suministro (Cooper *et al.*, 1997).

Partiendo de este concepto, es determinante hacer mejoras en las operaciones del negocio a lo largo de toda la cadena, en otras palabras la logística gira en torno a la creación de valor (Ballou, 2004) y a hacer un uso extensivo del capital humano y recursos que intervienen en el desempeño de las actividades de una compañía (Rushton *et al.*, 2010).

Tener presente los retos que debe cumplir la organización, es la clave para adaptar los medios logísticos que determinan su alcance. En este sentido, hay que conocer, que el administrar la cadena de valor eficientemente forma parte esencial de los negocios actuales (Neeraja *et al.*, 2014).

Con la aplicación de estrategias logísticas en las operaciones, además de obtener mejoras internas, la compañía puede obtener múltiples beneficios que fortalecen la confianza de los clientes (Ltifi y Gharbi, 2015).

Consolidar este criterio se visualiza como un servicio de excelente calidad y proporciona lealtad (Saura *et al.*, 2008), posicionando a la empresa en un esquema de estabilidad, que le permite plantear nuevas soluciones y antecederse a problemas que pueden suscitarse en un futuro.

El servicio al cliente es el fin principal de la estructura de la cadena de suministro, por lo tanto, deben tomarse las mejores decisiones, al momento de elegir las



Figura 2.5: Integración de la cadena de suministro

Fuente: Stevens (2016)

tecnologías que ayudarán a desempeñar las actividades.

Es imprescindible el uso de internet para las operaciones, además la administración logística se sustenta en tecnologías como el código de barras, sistemas de radiofrecuencia y sensores, que en vinculación permiten conocer datos importantes relativos al producto y su trazabilidad, otro elemento del uso de las tecnologías en la cadena de suministro es la exactitud de datos en tiempo real brindados por el sistema (Decker *et al.*, 2008).

La figura 2.5 presenta un esquema general acerca de la cadena de suministro en una organización según Stevens (2016), donde los tres primeros niveles (estratégico, táctico y operativo) corresponden a la gestión interna de la empresa, es decir, forma parte elemental de la administración vertical, mientras que el 4 nivel de integración se relaciona con agentes externos de manera que crea redes de colaboración fortaleciendo la cadena de suministro en el sentido horizontal.

La figura 2.6 presenta los departamentos principales de la compañía, según la administración de los inventarios, considera una base funcional que es la que debe poseer toda empresa, y se va incrementando el nivel de integración a medida que se reducen los inventarios, este efecto sucede por la eficiencia en el flujo de información

a través de los agentes involucrados.

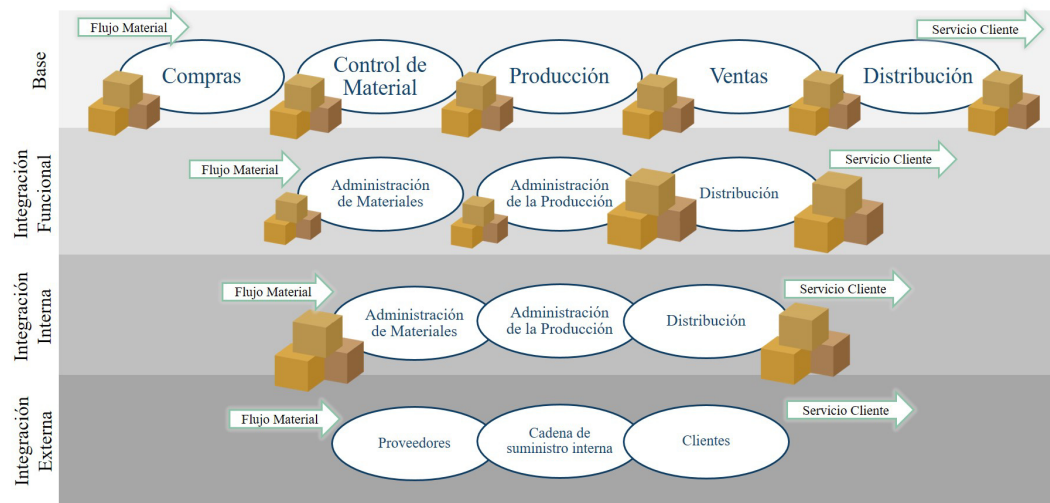


Figura 2.6: Flujo de materiales de acuerdo al nivel de integración de una compañía

Fuente: Stevens (2016)

De esta manera se revela que el incremento de tecnología en la administración de las operaciones en la cadena de suministro y la logística interna de la empresa contribuyen a mejorar el nivel de colaboración entre los agentes participantes en la cadena, logrando una mejor respuesta al consumidor.

Bajo estos conceptos, la siguiente sección vincula el estudio de la nueva era industrial con la cadena de suministro, dando lugar a logística 4.0.

2.3 LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO EN INDUSTRIA 4.0

Los requerimientos de industria 4.0 para ambientes de producción y manufactura están dados por sistemas ciber-físicos. No obstante, la integración de estos sistemas, se logra únicamente a través de la logística, con el soporte del internet de las cosas y los servicios en los procesos de la cadena de valor, esto brinda nuevos escenarios para la creación de valor y planteamiento estratégico de modelos de negocio

(Gilchrist, 2016a).

Ivanov *et al.* (2016b) presentan una estructura de control dinámico para coordinar las actividades en un sistema ciber-físico de la cadena de suministro en el ambiente de manufactura inteligente, presenta una propuesta desde el punto de vista matemático, en donde explica el impacto de las tecnologías de la información en los procesos y flujos de material en redes de colaboración de la cadena de valor.

Stock y Seliger (2016a) presentan una macro perspectiva de una sociedad sustentable, en la que las energías, fábricas y procesos son suministrados y ejecutados de manera inteligente, explican a detalle una micro perspectiva enfocada a la ingeniería de extremo a extremo en una compañía inteligente, donde destaca la logística, y lo esencial son los módulos de creación de valor, la figura 2.7 presenta esta micro perspectiva con el contenido de las actividades de la cadena de valor.

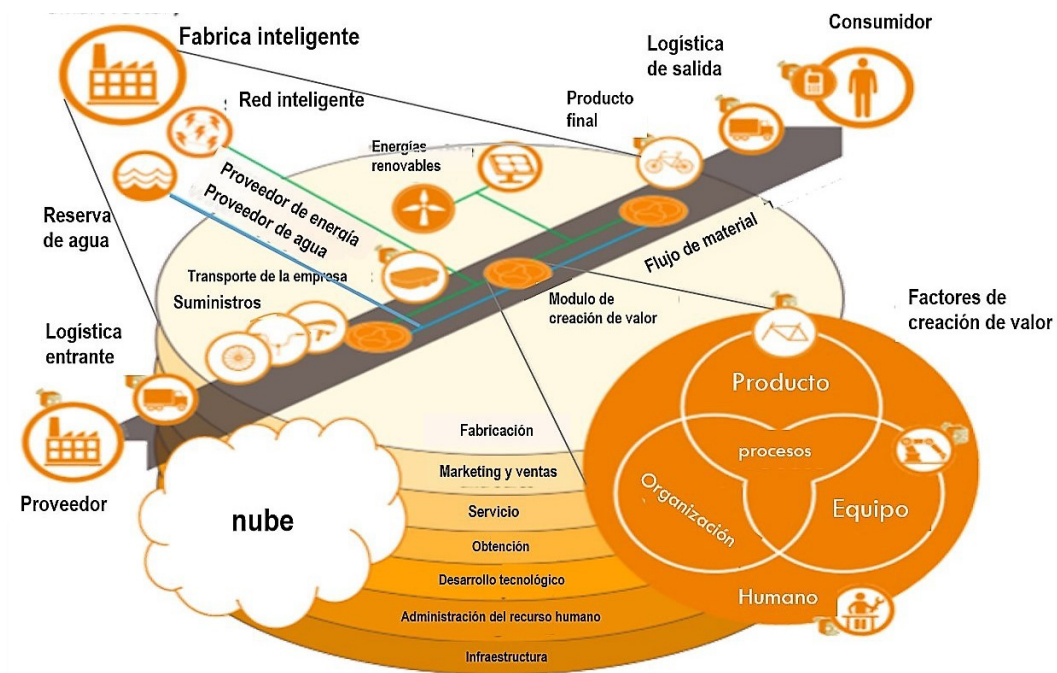


Figura 2.7: Actividades de la cadena de valor

Fuente: Stock y Seliger (2016a)

Maier *et al.* (2015) presentan un modelo conceptual de las redes de suministro con el esquema de industria 4.0, en el que vincula los elementos de las operaciones

con el sistema ciber-físico. Davis *et al.* (2012) presentan las consideraciones de SLMC (*Smart Manufacturing Leadership Coalition*) para alinear la manufactura inteligente con la manufactura avanzada, dentro de los cuales presenta tres puntos principales:

- Descubrir e innovar: con el uso de modelos, simulaciones y análisis de datos para descubrir las áreas de oportunidad.
- Diseño e ingeniería: involucra el diseño de los procesos para las actividades de manufactura con enfoque a los productos.
- Procesos de manufactura: se refiere al orden de las actividades, facilidades y fuerza de trabajo requeridas en toda la cadena desde la materia prima hasta la distribución del producto al consumidor.

La manera de percibir las operaciones dentro de la cadena de suministro en la cuarta revolución industrial puede visualizarse de manera esquemática en la figura 2.8, donde se ven cada uno de los eslabones vinculados a un sistema en la nube que permite la gestión de los datos en tiempo real, lo que se convierte en información para la generación de conocimiento útil para la toma de decisiones.

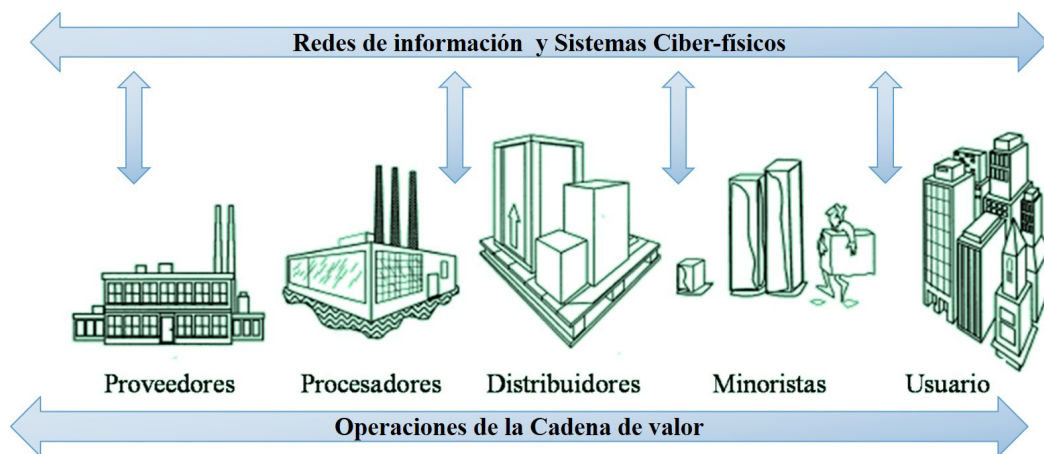


Figura 2.8: Percepción de las operaciones de la cadena de valor y uso de tecnologías

Fuente: Elaboración propia

Bogers *et al.* (2016) proponen un esquema del modelo de negocio centrado en el consumidor, y no precisamente en los procesos de manufactura de manera

que las tecnologías empleadas en la cadena puedan impactar positivamente en la organización asegurando la satisfacción del consumidor sin caer en cargos extra, es decir, sin tener gastos excesivos.

Hasta esta sección se ha dado a conocer la importancia que tiene la cuarta revolución industrial, el impacto en las operaciones y su pertinencia en la cadena de suministro, el siguiente capítulo se ha dedicado para desarrollar conceptos relacionados a modelos de negocio para establecer la relación incluyente del desarrollo de sistemas de integración horizontal y vertical.

CAPÍTULO 3

MODELOS DE NEGOCIO

Este capítulo presenta rasgos característicos de los modelos de negocio, la finalidad de su análisis es vincular los tópicos relacionados a tecnologías y cadena de suministro con la estructura de las organizaciones.

3.1 CONCEPTUALIZACIONES

En definición, describe la lógica de la cadena de valor de una organización en términos de cómo crea y capta el valor del cliente y puede ser representado concisamente por un conjunto interrelacionado de elementos que abordan el cliente, la proposición de valor, la arquitectura organizacional y las dimensiones económicas (Fielt, 2014).

Es el eje sobre el cual gira la empresa, una correcta conceptualización y enfoque son los que determinan el desempeño de la misma, explícitamente es el planteamiento y representación del flujo lógico de valor en una organización para añadir valor, se compone de elementos críticos que definen las operaciones para dar respuesta a los consumidores, con el objetivo de presentar propuestas de valor, vinculadas a procesos y criterios económicos.

El punto de partida es que todas las organizaciones tienen un modelo de ne-

gocio, puede estar articulado, o no, lo que es claro, es que son requeridos para el crecimiento de la organización y el alcance de metas, en la siguiente sección se abordará a profundidad este tema.

3.2 MODELOS DE NEGOCIO BASADOS EN INNOVACIÓN

El termino innovación es usado con frecuencia para describir cómo las organizaciones crean valor mediante el desarrollo de estrategias y/o el conocimiento a disposición con el fin de obtener beneficios que contribuyan al alcance de objetivos, puede ser visible con el desarrollo de nuevos productos y servicios, aunque también pueden innovar de otras maneras; a través de nuevos modelos de negocio, procesos internos, técnicas de gestión y estructuras organizacionales (Stevanović *et al.*, 2016).

La innovación disruptiva hace referencia a aquellos productos o servicios que son creados en las compañías como algo común, pero que en poco tiempo logran tomar el lugar líder (Brad *et al.*, 2016).

De alguna manera, la innovación es la estrategia con la que la empresa hará diferenciación en el mercado (Wan *et al.*, 2015), este concepto debe estar totalmente claro para los gerentes desde la perspectiva pragmática, para asegurar el éxito de las decisiones tomadas. Sigue una secuencia que lleva a que determinados productos o servicios desaparezcan y surjan nuevos, el objetivo es llegar a la cima y mantenerse por más tiempo haciendo uso de la innovación de forma continua, con la finalidad de competir con las marcas dominantes y posicionarse.

En este sentido se debe considerar que una innovación disruptiva no tiene que ser necesariamente de ámbito tecnológico, aunque esto sea lo más común, sino también puede ser un cambio en un producto o en la gestión, partiendo de la situación actual como una mejora de desempeño, o bien puede dar lugar a una brecha de mercado, ocasionando el origen de un nuevo modelo de negocio.

Nagy *et al.* (2016) proponen tres pasos principales para determinar el potencial de una innovación disruptiva:

1. Identificar la innovación y sus características.
 - Funcionalidad radical: creación de nuevos mercados.
 - Estándares técnicos discontinuos: utilizan nuevos materiales o nuevos procesos haciendo uso de la tecnología a disposición, hacen disrupción con bajos costos o procesos más eficientes.
 - Propias innovaciones: es una característica abstracta, es decir, no se presenta de manera física, pero su alcance se percibe dentro y fuera de la organización.
2. Identificar en qué lugar de la cadena de valor de la organización es usada la innovación.
3. Comparar el potencial de la innovación disruptiva con las tecnologías actuales de la organización para que la cadena de valor sea segmentada.

La innovación en los sistemas productivos es un tema complejo, pues somete la estructura actual a evaluación, para su análisis es importante la presentación de un esquema analítico de fabrica inteligente, incorporando una red industrial, la nube y terminales de control con inteligencia de máquinas, objetos y productos en general, el fin es brindar autonomía en las decisiones y cooperación distribuida entre los agentes para brindar alta flexibilidad, para ello es muy útil *Big Data* (Wang *et al.*, 2016).

Sobre la base de una muestra cruzada de la industria de 1242 firmas de Austria, se introduce una medida única para el grado de innovación en el modelo de negocio de una firma. Los resultados indican que esta medida es más alta hacia el comienzo de un ciclo de vida de la industria, es decir, en la etapa emergente (Waldner *et al.*, 2015).

Los modelos de negocio son tan variantes como las compañías que los emplean, dependen en gran medida de los procesos, del producto y del enfoque con el que se aborden, algunos son sujetos a: niveles estratégico, operativo y económico; al diseño organizacional, innovación, oportunidades y estructuras; organización y tecnología o bien, al rol de actividades y valor orientado al consumidor (Fielt, 2014; Dara, 2013), la tabla 3.1 muestra diferentes modelos que se han estudiado, en los que se ha considerado los elementos que los conforman, marcos de referencia, y enfoque, a través de esta información se ha elaborado de forma abstracta una descripción para cada uno.

Tabla 3.1: Comparativo de modelos de negocio

Modelo de Negocio	Características	Descripción
Modelos de negocio esquemáticos (Weill y Vitale, 2001).	Usa modelos esquemáticos, atómicos y basados en internet.	Analiza intereses, consumidores y proveedores así como los beneficios de cada integrante.
Mediación tecnología-mercado (Chesbrough y Rosenbloom, 2002).	Con modelos organizados involucra el mercado y la tecnología disponible.	Se enfoca en la cadena de valor y redes, costos y estrategias competitivas.
Modelo de negocio empresarial (Morris et al, 2005).	Por medio de cuestionamientos busca respuestas clave y estratégicas.	Responde a factores de oferta, mercado, estrategias, inversiones y de economía.
Modelo de negocio Canvas (Osterwalder y Pigneur, 2010).	A través de un lienzo presenta 9 elementos de interés.	Analiza criterios clave de forma interna y elementos externos ligados a una propuesta de valor.
Modelo de negocio de 4 cajas (Johnson, 2010).	Organiza la información en cuatro rubros.	Considera una propuesta de valor, una formula de alcance así como recursos y procesos clave.

Fuente: Adaptación de Fielt (2014)

De acuerdo con el enfoque tomado de tecnologías y cadena de suministro, además de la revisión de varios modelos y marcos de referencia, se ha decidido profundizar en el Modelo Canvas, pues cuenta con enfoque al consumidor y analiza la organización de manera interna y externa.

3.2.1 MODELO DE NEGOCIO CANVAS

Específicamente se definirá como «Modelo Canvas», a una forma de estructurar visiblemente conceptos y actividades relacionados a la generación de valor, presenta la información en síntesis de las operaciones y asociaciones que deben ejecutarse para lograr el objetivo (Osterwalder y Pigneur, 2010), por su distribución visual, permite identificar áreas de oportunidad que pueden desembocar en mejoras significativas, impactando en las relaciones y en el servicio al cliente (Osterwalder y Pigneur, 2010), la figura 3.1 presenta los nueve áreas en las que se puede agrupar la información.



Figura 3.1: Modelo Canvas

Fuente: Osterwalder y Pigneur (2010)

Clientes: Son todos los individuos a los que se espera brindar el servicio o producto, son la razón de ser de la empresa, por lo tanto, el conocerlos es imprescindible.

Propuesta de valor: Es la forma de dar solución a la necesidad del cliente por medio de productos o servicios.

Canales de distribución: Se enfoca en cómo hacer llegar la propuesta de valor al cliente, incluye las estrategias empleadas para comunicar, alcanzar y entregar

la propuesta de valor.

Relaciones con los clientes: Entender al cliente es la clave, para ello darle atención personalizada en el proceso de adquisición de productos/servicios, así como el seguimiento, esto representa un aspecto crítico en el modelo de negocio.

Fuente de ingresos: Representa la forma en que en la empresa genera los ingresos y recupera inversión con el producto o servicio creado.

Recursos claves: Se describen los recursos más importantes necesarios para el funcionamiento del negocio, así como tipo, cantidad e intensidad.

Actividades clave: Para entregar la propuesta de valor se deben desarrollar una serie de actividades claves internas (procesos de producción, *marketing*).

Socios Clave: Se definen las alianzas necesarias para ejecutar el modelo de negocio con garantías, que complementen las capacidades y mejoren la propuesta de valor: la co-creación es imprescindible hoy en día en los negocios.

Estructura de costos: Describe todos los costos en los que se incurren, se trata de conocerlos y optimizarlos para diseñar un modelo de negocio sostenible, eficiente y escalable.

3.3 REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO DE NEGOCIO EN INDUSTRIA 4.0

Hay ciertas especificaciones para la adaptación de modelos de negocio al sistema de la cuarta revolución industrial, Lee *et al.* (2015) proponen una estructura denominada **las cinco «C's»**, en ella se mencionan elementos acordes al nivel de cada **C** con los que debe cumplirse, la figura 3.2 muestra esta clasificación.

I. Nivel de conexión Inteligente: relaciona la información con la generación de datos

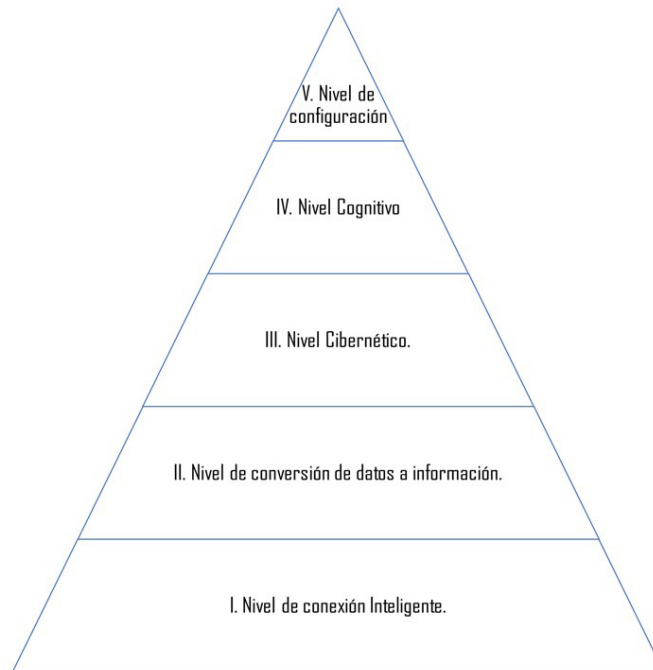


Figura 3.2: Los cinco niveles de configuración para la estructura vertical de una compañía

Fuente: Lee *et al.* (2015)

y el flujo de los mismos.

- Conexión y reproducción de datos
- Vinculación de la información
- Sensores de red

II. Nivel de conversión de datos a información: análisis inteligente para generar respuestas por medio de la transformación de la información en los siguientes escenarios.

- Componentes de estado de la máquina
- Correlación de datos multidimensionales
- Cumplimiento de predicciones

III. Nivel Cibernético: incluye elevada de administración de la información y vinculación con elementos y equipo físico.

- Modelo dual para componentes y máquinas
- Tiempo de máquinas para identificación de variaciones y memoria
- Agrupación de similitudes en minería de datos.

IV. Nivel Cognitivo: grado de análisis de información que permite la toma de decisiones rápida y eficientemente.

- Integración de simulación y síntesis
- Visualización remota por el humano
- Colaboración de diagnósticos y toma de decisiones

V. Nivel de configuración: independencia en la administración de datos y gestión de actividades de manera autónoma.

- Auto configuración resiliente
- Auto ajuste para variaciones
- Auto optimización para disturbios.

Los avances de la industria exigen además de eficiencia en operaciones un control estricto de los sistemas involucrados, esto incluye a las plantas de producción, así como a la administración de información. Lee *et al.* (2015) presentan una arquitectura de implementación bajo el concepto de sistemas ciber físicos.

Existen diversos criterios base para implementar sistemas ciber-físicos en una industria, planteando arquitecturas estructuradas en niveles organizacionales y de tecnologías, así como comparativos de una compañía con operaciones normales y otra

con operaciones enroladas en el concepto de manufactura inteligente (Lee, 2015a), la tabla 3.2 muestra una comparación de atributos.

Tabla 3.2: Comparativo de atributos en industria 4.0

INDUSTRIA ACTUAL		INDUSTRIA 4.0	
Atributos	Tecnologías	Atributos	Tecnologías
Precisión	Sensores in-	Auto consciente	Monitoreo de
Productividad	teligentes		degradación
y desempeño	Detección de	Auto predecible	Predicción de
Eficacia global	fallos	Comparación	vida útil
del equipo	Monitoreo y	autónoma	Tiempo real
	diagnóstico	Configuración	Monitoreo pre-
	Operaciones	autónoma	dictivo
	esbeltas	Mantenimiento	Productividad
	Reducción de	autónomo	acertada
	desperdicios	Organización	
		autónoma	

Fuente: Adaptación de Lee *et al.* (2015)

La implementación de las tecnologías debe desarrollarse sobre un amplio panorama del modelo de negocio, para lograr una industria inteligente, en un estudio realizado desde el punto de vista de la industria petroquímica, se establecen criterios como base operacional, así como sistemas de ingeniería de procesos que pueden ser utilizados dentro de la manufactura inteligente (Li, 2016a).

Considerando los elementos básicos para la implementación de avances tecnológicos y organizacionales en el modelo de negocio se analiza la estructura con un enfoque holístico de los sistemas de producción bajo el concepto de industria 4.0 y desde la perspectiva del manejo de sistemas de información y sistemas de producción ciber físicos (Schlechtendahl *et al.*, 2015).

Stock y Seliger (2016a) dan a conocer diferentes perspectivas de industria 4.0 así como recientes desarrollos en investigación y prácticas, además de las oportunidades para la manufactura sustentable.

Analizado el Modelo Canvas, y comprendidos los elementos tecnológicos las

siguientes secciones revelan algunos elementos considerados para el desarrollo de un modelo de negocio en la cuarta revolución industrial, relacionados a infraestructura y organización.

3.3.1 INFRAESTRUCTURA

La infraestructura es un componente importante, revela de la compañía el soporte del flujo de procesos, así como la gestión de la información a través de toda la cadena de valor (Mosterman y Zander, 2016; Gao *et al.*, 2015), se presenta en varios escenarios y a través de dispositivos, además, logra la razón de ser de la empresa cumpliendo los objetivos de servicio y calidad (Prause y Weigand, 2016; Bagheri *et al.*, 2015b; Schuh *et al.*, 2014b; Juan-Verdejo y Surajbali, 2016). Para su análisis, se ha propuesto el estudio de la infraestructura en dos vertientes.

3.3.1.1 INFRAESTRUCTURA FÍSICA

Está relacionada con todos los componentes tangibles de la organización, incluye herramientas y equipo de índole tecnológico que contribuyen a la creación de productos y servicios, desde pequeños componentes vinculados a la red hasta el inmueble, los recursos físicos son de gran importancia para la compañía (Krajewski *et al.*, 2008).

En el sentido histórico, puede verse una tendencia al cambio de los entornos físicos, ellos van estrechamente ligados a los procesos que se involucran y a los productos emergentes (Heizer y Render, 2009).

El área principal en la que se pueden observar en mayor medida las características físicas es en producción, referente a la manufactura (Chase *et al.*), y todo lo que se relaciona a ella, administración de la distribución y productos físicos (Jiménez Sánchez, 2006).

3.3.1.2 INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

Esta se apoya de numerosos dispositivos para sostener las operaciones y transacciones de la empresa, está ligada al internet de las cosas y a ciberseguridad.

En ambientes de ingeniería avanzada y de productos inteligentes permite el desarrollo eficiente de operaciones por medio de sensores y tecnología de punta en distintas áreas, estas pueden ser: producción, canales de distribución, desarrollo tecnológico, diseño, simulación, entre otras (Anderl, 2014a; Faller y Feldmüller, 2015; Thames y Schaefer, 2016), en análisis de cadena de suministro e implementación tecnológica deben considerarse elementos como capacidades, estructura de procesos, además de relaciones potenciales de largo plazo (Vinodh *et al.*, 2013).

3.3.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

El análisis de la estructura organizacional y los retos emergentes de las compañías permite el desarrollo de una visión panorámica del concepto industria inteligente, de acuerdo con la situación contemporánea, en donde se relacionan las características cruciales del concepto de manufactura con la práctica cotidiana.

Se analiza el potencial que sea inteligente en aplicación, tanto para las empresas grandes como para las PyMEs (Radziwon *et al.*, 2014a; Dombrowski y Wagner, 2014; Bücken *et al.*, 2016).

En la realización de las actividades de las empresas intervienen varios elementos, que fortalecen las estrategias que planea la dirección, desde este punto, se analizan tres elementos fundamentales en la estructura organizacional que tienen función vector en el flujo de procesos.

3.3.2.1 ADMINISTRACIÓN DEL RECURSO HUMANO

El capital humano brinda soporte a la organización y la dirige, toma importancia al referirnos a él, como el recurso impredecible y dinámico.

Su correcta gestión permite obtener beneficios que acentúan las decisiones y generan valor a través de la ejecución de las actividades (Díaz-Fernandez *et al.*, 2015), para ello se deben aprovechar al máximo las capacidades y habilidades de los colaboradores con el fin de aumentar el rendimiento, la calidad y la producción tanto de bienes y servicios que la organización oferta (Čiutienė y Railaitė, 2015; Iwamoto y Takahashi, 2015; Blanchard y Olney, 2017; Pablo-Romero y Sánchez-Braza, 2015).

Es importante medir las habilidades y aptitudes del personal en relación a las áreas en las que han sido asignados (Felicio *et al.*, 2014), aunque se debe formar personal multidisciplinario, estas capacidades deben relacionarse al área operativa y administrativa, así como de estudio integral y de sinergia (Neeliah y Seetana, 2016; Liepė y Sakalas, 2014).

Acorde a la cuarta revolución industrial el capital humano debe ser analítico, crítico, multidisciplinario y enfocado al uso de nuevas tecnologías (Onkelinx *et al.*, 2015; Bretscher *et al.*, 2016).

3.3.2.2 ADMINISTRACIÓN DE LOS PROCESOS

Su administración eficiente constituye el medio de alcance de objetivos, se valen de la ingeniería para mejorarlos, en el área de manufactura los procesos deben tener el enfoque de procesos inteligentes, por lo que esta área demanda la implementación de tecnologías que permita la operación ágil y autónoma con la vinculación de redes por la que fluyen los datos con el fin de contribuir a la fábrica inteligente (Li, 2016b; Lee, 2015b; Bagheri *et al.*, 2015c; Lasi *et al.*, 2014).

Un sistema de producción actual, esto es, bajo parámetros tecnológicos de industria 4.0, debe constituirse con altos niveles de flexibilidad y automatización, con el fin de cumplir este reto, debe ligarse con el sistema ciber-físico, de tal manera que, el flujo de materiales e información sean transportados en tiempo real (Anderl, 2014a; Weyer *et al.*, 2015; Schlechtendahl *et al.*, 2015; Vyas *et al.*, 2016).

3.3.2.3 ADMINISTRACIÓN DE LAS RELACIONES EXTERNAS

Toda organización, para realizar actividades, cuenta con agentes externos, esto es un desbalance del nivel tecnológico interno, para amortiguar los efectos que puedan derivarse de distintas administraciones, es convenientes establecer relaciones bajo criterios de colaboración, y en plataformas tecnológicas, que permitan la trazabilidad de materiales y productos a través de toda la cadena (Li, 2016b; Stock y Seliger, 2016b; Radziwon *et al.*, 2014b; Kang *et al.*, 2016b).

La gestión eficiente, debe considerar elementos como la ingeniería de extremo a extremo, la administración del ciclo de vida, sistemas y plataformas inteligentes, con el fin de responder a los cambios que puedan derivarse del desarrollo de nuevos productos (Mazak y Huemer, 2015a; Forstner y Dümmler, 2014; Maier *et al.*, 2015; Sokolov y Ivanov, 2015; Nowicka, 2014b).

Hasta ahora se han relevado datos importantes, acerca del nuevo sistema industrial y sus requerimientos, a continuación, se presenta el área con mayores expectativas del desarrollo de industria 4.0 en México.

CAPÍTULO 4

CASO DE ESTUDIO

La cuarta revolución industrial tiene impacto en diversos escenarios, tanto industriales y de administración como sociales, el presente capítulo expone algunos estudios sobresalientes en el área industrial acerca de las tendencias y cambios en la administración empresarial y de las economías, además presenta la elección del sector de estudio como enfoque de investigación y aplicación, se da explicación de lo general a lo específico, focalizando al estado de Nuevo León.

En una edición de PwC's (*PricewaterhouseCoopers*) sobre la construcción de la empresa digital, realizó una encuesta en la que participaron más de 2000 ejecutivos de las empresas más importantes del sector industrial, el estudio es de carácter exploratorio acerca de los beneficios de la digitalización, se consideró la integración horizontal y vertical, así como el portafolio de productos y servicios.

La figura 4 representa el porcentaje de avance de las empresas del año 2016 y la tendencia a 5 años. Se puede visualizar la importancia de los elementos que se consideran en la medición para determinar los puntos en los que deben enfocarse las empresas para introducirse en ambientes de innovación tecnológica, de los más sobresalientes son la integración vertical y el desarrollo de nuevos productos y servicios, como resultado del estudio actual y conservan la tendencia a cinco años. Esto representa que son los puntos por los que las empresas deben empezar a analizar.

En contraste con la investigación, se presenta un impacto en la integración vertical y se vincula a la cadena de valor (horizontal) por el énfasis de las operaciones.

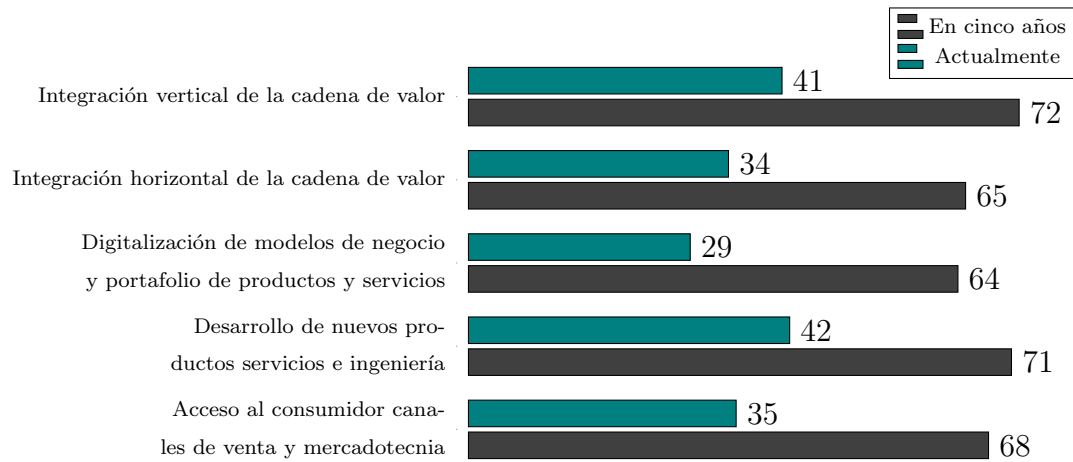


Figura 4.1: Reporte de compañías en digitalización e integración en porcentaje

Fuente: PWC (2016b)

Industria 4.0 y su diversificación de tecnologías y herramientas de gestión de operaciones y datos es aplicable a todos los procesos, por lo tanto, esta característica inteligente, permite que cualquier empresa sea candidata a la digitalización, la figura 4.2 muestra el porcentaje de inversiones en tecnologías de industria 4.0 proyectadas al 2020, de las compañías más representativas del sector industrial.

Considerando la revisión, el contexto y aunque el sector de electrónica representa el mayor porcentaje proyectado de inversiones se ha optado por la industria automotriz como caso de estudio. La razón es el crecimiento en el país de este sector, las propiedades que posee, como la excelencia en la cadena de suministro que demanda agilidad y exactitud, así como transferencia eficiente de información y colaboración entre agentes involucrados, también la interrelación que existe con la manufactura industrial, el giro metal-mecánico, logística y transportación, planteando escenarios propicios para el desarrollo de las tecnologías disponibles en industria 4.0, a continuación se presentan datos importantes acerca de este sector, y el entorno de análisis.

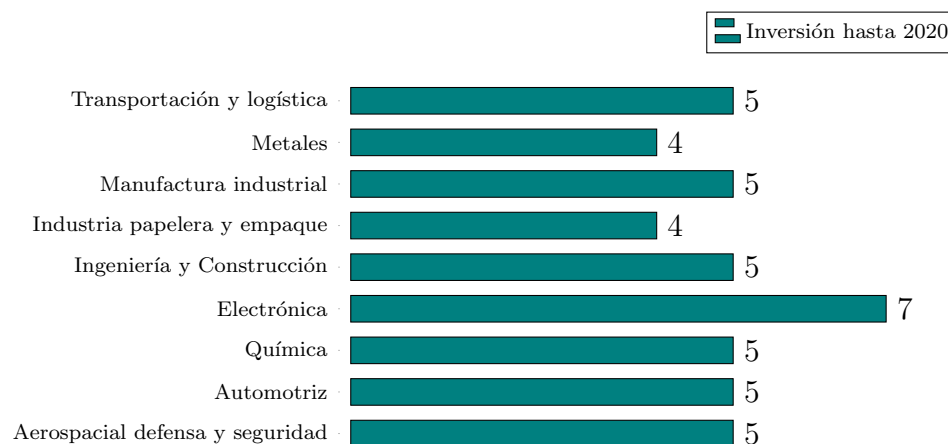


Figura 4.2: Planeación de inversión de compañías de diversos sectores en industria 4.0 en porcentaje

Fuente: PWC (2016b)

4.1 INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

El estudio de la industria automotriz es un tópico importante dentro de las compañías de manufactura, la investigación ha tomado diversos criterios para elegir este giro industrial como base para el desarrollo de los sistemas de integración horizontal y vertical dentro de la cadena de valor, con especificaciones de industria 4.0 (Dachin y Burcea, 2014; Kans y Ingwald, 2016b; Zhong *et al.*, 2016; Tian *et al.*, 2014; Gurcaylilar-Yenidogan y Windsperger, 2014; Silva y Carvalho, 2013; Ferriols *et al.*, 2013), dentro de los cuales destacan los siguientes criterios:

- Niveles elevados de servicio: el alto nivel de servicio como resultado de las redes de colaboración, hace una que su capacidad de respuesta sea exacta, lo que se traduce en la máxima utilización de los recursos con un flujo eficiente.
- Características de las operaciones: agilidad, automatización, robots en líneas de ensamble, y muchas características que distinguen a este sector industrial, lo coloca como uno de los más sobresalientes en el esquema industrial y de

manufactura.

- Administración de su cadena de suministro: la operación con cadenas de suministro robustas, que se distinguen no solamente por la eficiencia en sus actividades de procesamiento sino también por la capacidad de establecer relaciones con sus proveedores y trabajar en colaboración sincronizada.

En términos generales el sector industrial ha tenido un crecimiento sostenido que determinan cambios en las operaciones de las compañías manufactureras y de servicios.

En la actualidad el sector automotriz ostenta renombre y se consolida como una de las industrias de gran impacto e importancia en esquemas sociales y económicos (Actinver, 2015).

4.2 TENDENCIA Y CRECIMIENTO

Es determinante el cambio e impacto que ha tenido el sector automotriz en la sociedad, es claro que ha revolucionado el estilo de vida y los procesos cotidianos.

Uno de los criterios fundamentales, sobre los que se apoya su crecimiento, es la apertura económica que los países en los que se asienta, además de la gradual transferencia tecnológica que le permite tener una excelente fluidez de información y procesos (Ivanov *et al.*, 2016a; Gurcaylilar-Yenidogan y Windsperger, 2014; Thomé *et al.*, 2014).

4.2.1 EXPANSIÓN Y ALCANCE EN EL MUNDO

La tendencia de las empresas a ser transnacionales, en las últimas décadas, se visualiza como un factor acelerado, si se compara con el crecimiento anteriores a

1970.

Su instalación en países en desarrollo ha destacado por incrementar el flujo de comercio internacional, sin embargo, esto también ha ocasionado la creación o reestructuración de modelos de articulación logística, lo que determina nuevas reglas en los parámetros de integración horizontal con los componentes del sistema de producción, formando redes de colaboración de cadenas de suministro (Actinver, 2015).

Desde la década de los noventa, la industria automotriz ha experimentado un proceso de reconfiguración que ha profundizado su carácter de industria global, caracterizada por diversas alianzas estratégicas entre los principales fabricantes de automóviles en el mundo (Seles *et al.*, 2016; Wells, 2013). El objetivo de estas alianzas ha sido la generación de economías de escala en el diseño, fabricación y comercialización de nuevos modelos, buscando al mismo tiempo lograr una penetración más efectiva en nuevos mercados a través de la diversificación de marcas (Report, 2016).

4.2.2 CRECIMIENTO Y DESARROLLO EN MÉXICO

México ofrece importantes ventajas competitivas a nivel mundial, destacando la ubicación geográfica, la disponibilidad de mano de obra calificada y competitiva, y el acceso preferencial a los principales mercados del mundo (Report, 2016; Senter y Flynn, 1998; Castro, 2009; Moncayo-Martínez *et al.*, 2014; Jiménez Sánchez, 2006).

- Amplia proveeduría: el acceso a proveedores de alta calidad contribuye a reducir los costos de las armadoras, como pueden ser el costo de inventarios, riesgos, costos de transporte, entre otros. A lo largo del país se han desarrollado importantes clústeres automotrices. El más importante clúster automotriz se ubica en la región noroeste del país.
- Mano de obra calificada y competitiva: esta cualidad es experimentada en la

industria automotriz y con costos laborales bajos. En las plantas más eficientes en México estos costos llegan a ser hasta un cuarto del costo laboral en Estados Unidos.

- Posición geográfica: México tiene 3 mil kilómetros de frontera con el mercado más grande del mundo y acceso preferencial. Aunado a esto, también se cuenta con fácil acceso a los océanos Pacífico y Atlántico. México es el país con mayor facilidad de cambio de moneda en América Latina, lo que la ha convertido en una divisa para el comercio internacional en la región.
- Acceso preferencial a otros mercados: México cuenta además con una serie de tratados de libre comercio que contemplan reglas de origen, según las cuales se otorgan tarifas preferenciales a los productos cuyo valor regional incorporado (porcentaje del valor total que fue generado en el territorio nacional) exceda ciertos niveles, lo que genera incentivos para que se desarrollen actividades de mayor valor agregado.

Todas estas cualidades hacen del país un atractivo para la inversión y desarrollo de la industria automotriz (Leon, 2016; Actinver, 2015; Su *et al.*, 2014; Pwc, 2012).

4.2.3 INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN NUEVO LEÓN

El estado de Nuevo León, ubicado al noreste de México, es, si no el más importante, uno de los principales contribuyentes para la economía mexicana.

Para el último trimestre de 2015, Nuevo León creció 5.9 % en comparación con el año anterior en el mismo período. Esto significó el doble del crecimiento nacional, reflejado en una contribución de 0.45 puntos a la tasa de crecimiento nacional, superada sólo por la contribución de la capital, Ciudad de México (Leon, 2016).

Nuevo León ha sido considerado como el estado más desarrollado en México cuando se trata de la industria. Las principales empresas nacionales e internacionales

han establecido su sede en el estado, como prueba del panorama atractivo y potencial de desarrollo en la región para las industrias que incluyen vidrio, acero, envases, metalmecánica, cemento, cerámica, productos químicos y fibras sintéticas.

En Nuevo León, el sector automotriz es una de las industrias que ha crecido más rápidamente en los últimos años (Report, 2016; Actinver, 2015; Ojha *et al.*, 2016).

La entidad federativa cuenta con varias oportunidades de puesta en marcha que pueden utilizarse para el desarrollo de industria 4.0 y las plantas Tier1 que están casi listas para funcionar bajo este esquema son las siguientes: Nemak, Metalsa, Katcon y Quimmco, también hay plantas de procesamiento disponibles, como Ternium y el propio Kia Motors; con líneas de montaje integradas bajo criterios de la fabricación y tecnología 4.0.

Importantes plantas de producción y montaje de productores de clase mundial como General Motors, Nissan y Toyota, ya están establecidas en México; aún así, el desafío para la industria automotriz es lograr la producción de automóviles totalmente en México (Castro, 2009; Dachin y Burcea, 2014; Leon, 2016).

4.2.3.1 CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES

Nuevo León se ha visto privilegiado por su crecimiento acelerado en el área industrial y de manufactura, esto va de la mano con el crecimiento de importantes empresas logísticas que permiten el flujo de materiales y bienes en el norte del país, a continuación se presentan algunas peculiaridades del estado (Leon, 2016):

- **Dinamismo:** la economía de Nuevo León crece a una tasa que supera el promedio de las entidades federativas del país.
- **Importancia:** produce más del 21 % de las exportaciones de manufacturas (sin petróleo). Su valor de producción anual supera el de los estados con mayor

población; el PIB del estado es el segundo más grande del país.

- Diversificación: gracias a la gran base de productores en el estado, existe un suministro de cadena altamente integrado. La inversión extranjera directa establecida en Nuevo León ha logrado incorporar hasta el 90 % de los suministros locales a sus exportaciones.
- Liderazgo: la región es líder nacional en las industrias de fabricación y construcción, así como servicios de valor añadido. Cuenta con más de 20 ramas de fabricación.
- Fuerza de trabajo: calificada, productiva y estable.

Hasta ahora ya se han analizado todos los criterios referentes a la cuarta revolución industrial, los elementos consistentes de logística y cadena de suministro, los modelos de negocio y sus requerimientos, el siguiente capítulo, presenta la metodología para el diseño de instrumentos de medición así como los niveles que se emplearán.

CAPÍTULO 5

METODOLOGÍA

La metodología propuesta ha sido diseñada con enfoque disruptivo para su inserción en las operaciones de la compañía, la tabla 5.1 presenta los componentes considerados para alcanzar los objetivos de la investigación.

Tabla 5.1: Metodología de evaluación y transición

Fase	Características	Procedimiento
Mapeo de la estructura organizacional	Se evalúan los elementos sistemas vertical, horizontal y tecnologías y se obtiene el nivel de industria 4.0 actual	Diseño de instrumento de medición, pruebas de evaluación, objetividad y confiabilidad
Evaluación de áreas de oportunidad propuestas	Se analiza la organización y el mercado y se definen propuestas de implementación	Análisis en los nueve bloques del Modelo Canvas
Estado de resultados de la propuesta de transición	Se da a conocer el nivel inicial, las propuestas a implementar y el nivel esperado de alcance	Un formato que contiene información del nivel inicial, los focos de industria 4.0, y el nuevo nivel esperado

Fuente: Elaboración propia

Esta adaptación debe hacerse estratégicamente de manera que responda satisfactoriamente a los requerimientos involucrados en toda la organización, para ello la innovación es imprescindible, a continuación se describe el contenido de cada fase.

5.1 MAPEO DE LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Esta primer sección consiste en evaluar todo el sistema de operaciones de la compañía, busca revelar el estado actual, tres consideraciones que sobresalen en el mapeo de la estructura organizacional son la integración vertical, la horizontal y como último punto, la utilización de las tecnologías de industria 4.0, la tabla 5.2 las describe.

Tabla 5.2: Mapeo de la estructura organizacional de la empresa

Consideración	Descripción
Integración vertical	Toma como base el sistema socio-técnico y a los módulos de creación de valor
Integración horizontal	Se basa en requerimientos de administración de operaciones
Tecnologías 4.0	Contiene las herramientas estudiadas en el análisis de literatura

Fuente: Elaboración propia

El mapeo permite conocer a la compañía en general, es decir, ubica los elementos y actividades sobresalientes, situaciones deficientes y puntos críticos de proceso, la figura 5.1 detalla de forma ordenada el instrumento de evaluación diseñado, presenta elementos y criterios tomados para medir el nivel de desarrollo de sistemas.

Las siguientes secciones han sido establecidas para explicar el contenido del instrumento de evaluación.

5.1.1 INTEGRACIÓN VERTICAL

El desempeño de la compañía radica en el nivel de sinergia que posea, para ello deben considerarse los elementos cruciales que intervienen en la creación, desarrollo y manufactura del producto así como su administración.



Figura 5.1: Secciones de medición

Fuente: Elaboración propia

El mapeo de la integración vertical (integración interna) consiste en evaluar el sistema con el fin de identificar áreas críticas que deben ser asistidas de distinta manera, el análisis considera dos componentes críticos, para este estudio se muestran separados con el fin de revisión, pero en el análisis son fusionados, pues contienen elementos similares.

5.1.1.1 SISTEMA SOCIO-TÉCNICO

El sistema socio-técnico es tan importante, de él depende el éxito de las operaciones de la empresa, el objetivo de este brinda soporte a la compañía y hace que las actividades marcadas en el plan sean ejecutadas, debe contener los tres elementos que a continuación se detallan.

- Sistema tecnológico: comprende elementos relacionados a tecnología, en este sentido, se evalúan dos vertientes, una está relacionada al sistema físico, es decir, las herramientas y equipos para la ejecución de los procesos, y la otra está relacionada a elementos ciber, esto es, la relación virtual, utilización de

software, tecnologías de transmisión de datos, autocontroladores, etc.

- **Sistema organizacional:** incluye a la manera en que está estructurada la funcionalidad de la compañía y la ejecución de las operaciones, desde donde vienen las ordenes, como son administradas y cómo se responde.
- **Sistema operativo humano:** por mucha tecnología que sea utilizada en una empresa, el recurso humano es imprescindible, de él depende en gran medida el avance de la compañía, en ambientes tecnológicos, donde, lo que está sucediendo es, agregar tecnología automatizada para reemplazar actividades repetitivas, el capital humano se hace estrictamente necesario en la toma de decisiones, pero si hablamos de una organización en transición, puede frenar el avance, por la cultura o el nivel educativo, por lo tanto, se ha decidido dar la importancia debida para su estudio dentro del análisis vertical.

5.1.1.2 MÓDULOS DE CREACIÓN DE VALOR

Son parecidos al sistema socio-técnico, sin embargo, difieren en que el módulo de creación de valor agrega dos elementos más para completar las actividades, haciendo que sea analizado a fondo y de manera particular en cada área específica de la organización, el objetivo es brindar apoyo a las operaciones de la compañía para que sean ejecutadas correctamente.

- **Sistema operativo humano:** le da la importancia debida al capital humano, como elemento crítico de cambio y está involucrado directamente con el avance de la compañía.
- **Sistema organizacional:** es en esencia, la secuencia de las operaciones entre los niveles jerárquicos de la compañía, delegación de responsabilidades, etc.
- **Sistema tecnológico:** incluye todos los elementos a disposición en materia de tecnología para llevar a cabo las actividades del proceso productivo.

- **Producto:** puede ser producto o servicio, es fundamentalmente la razón de ser de la compañía, se incluye como el resultado de los tres sistemas anteriores, sin descuidar las especificaciones particulares para cada detalle y actividad dentro de los procesos.
- **Procesos:** son las actividades que le dan vida al producto, por ello se consideran en los módulos de creación de valor como el medio para lograr el objetivo, en este caso sería el producto o servicio, se trata de un análisis sistemático que evalúe al proceso como funcional, para descartar actividades que no agregan valor.

5.1.2 INTEGRACIÓN HORIZONTAL

Después de analizar el panorama industrial, la complejidad de la relación entre las metas estratégicas y la parte operacional, se analizan las relaciones externas, a través de la cadena de valor, específicamente en la administración de operaciones.

Toda mejora en la industria parte del análisis de la situación actual y estudio del entorno, hacia donde apuntan y que estrategias deben plantearse, para ello es indispensable el desarrollo de un modelo conceptual de integración en el que se describen las actividades de control en la administración de las operaciones de manufactura y el nivel de la compañía, con una representación del sistema físico y una interfaz explícita para el análisis del control (Sprock y McGinnis, 2015).

De forma descriptiva se analizan tres elementos de la integración horizontal considerados en la evaluación, además de la consideración del Modelo de Stevens (2016).

5.1.2.1 ABASTECIMIENTO

La administración del abastecimiento es la parte externa de la compañía que representa las entradas de insumos a la organización y determina su curso a través de los procesos, esto puede incluir relaciones, sistemas de información, evaluación de proveedores, así como acciones colaborativas. Determina el flujo físico y administración eficiente de la información, así como control de materiales.

5.1.2.2 PLANEACIÓN Y ADMINISTRACIÓN

De ella depende el flujo de los procesos y la realización de las actividades, para ser eficiente se vale de administración, programación y simulación, estas consideraciones brindan información a la compañía a través del tiempo y en proporciones específicas para ejecutar las operaciones.

5.1.2.3 ADMINISTRACIÓN DEL SERVICIO AL CLIENTE

Es el criterio más importante, de él depende el éxito de la compañía, debe considerar ordenes y entregas, con periodos razonables, empleando administración que permita dar respuestas efectivas, por medio de la correcta gestión de materiales, inventarios, almacenes y transporte con el objetivo de brindar el mejor servicio y cubrir las necesidades del cliente.

5.1.2.4 MODELO DE STEVENS

Con este modelo, se pretende visualizar el desempeño de la compañía en el esquema global de las operaciones de su cadena de suministro, con este enfoque se define el nivel de integración que posee la organización así como la absorción

tecnológica, este punto es crucial para la determinación de las oportunidades que pueden encontrarse en la empresa, para ser propuestas como elementos de cambio.

La ejecución del Modelo de Stevens es útil para identificar aspectos que pueden ser direccionado para la planeación estratégica, mediante técnicas estandarizadas, usando un escenario de agilidad como meta operacional (Jung *et al.*, 2015).

Estos elementos de cambio serán estudiados en la organización interna y a lo largo de la cadena de suministro de la empresa para colocarla en uno de los cuatro niveles de integración que propone Stevens (2016), de esta manera visualizar de forma esquemática la sinergia que posee.

5.1.3 HERRAMIENTAS DE INDUSTRIA 4.0

Las herramientas disponibles en industria 4.0 son centrales en esta investigación, con ellas se medirá el impacto que han tenido en la compañía a evaluar, si totalmente carece de ellas o está en proceso de implementación alguna, la figura 5.2 muestra las tecnologías prominentes de las que una empresa puede hacer uso para laborar bajo esquemas de industria 4.0, teniendo como resultados que las operaciones sean ejecutadas con agilidad, logrando que los procesos fluyan con el mismo objetivo, brindar el mejor servicio al cliente.

Esta sección evalúa las nueve herramientas disponibles en conjunto, o por separado, hay que tener en cuenta que, de acuerdo a la implementación de cada una de ellas, la empresa obtiene beneficios pero también se demanda mayor preparación de su capital humano.

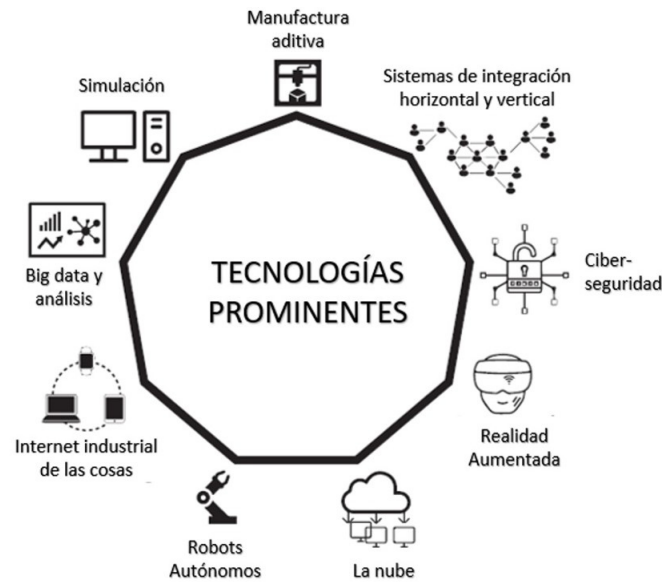


Figura 5.2: Tecnologías prominentes en industria 4.0

Fuente: Elaboración propia en Saucedo-Martínez *et al.* (2017)

5.1.3.1 BIG DATA Y ANÁLISIS

Evalúa todos los elementos relacionados al manejo de la información y su aprovechamiento para la transformación de conocimiento útil en la toma de decisiones, analiza a fondo la forma en la que se administra la información para mejorar los procesos, por la naturaleza de esta herramienta, los datos deben ser gestionados con formulas matemáticas o estadísticas, con el fin de procesar la información y que los resultados que se obtengan sean cuantitativos y de beneficio al proceso productivo.

5.1.3.2 ROBOTS AUTÓNOMOS

Involucra todos los elementos tecnológicos de la empresa aplicados en electrónica y robótica, el fin es determinar el alcance que tiene la compañía en materia de automatización en sus procesos, cómo administra los robots en sus líneas de producción con la generación de datos que permitan ser procesados y que la operación sea más eficiente.

5.1.3.3 SIMULACIÓN

Analiza de qué manera la empresa se antecede a situaciones en los procesos productivos, con análisis de datos que generen información antes de que sean invertidos recursos y que permitan una orientación a la toma de decisiones que aseguren cierto porcentaje de éxito de las actividades a ejecutar, en este punto se evalúa si la empresa lleva a cabo estos procesos mediante algún software especializado o alguna otra herramienta de simulación.

5.1.3.4 SISTEMAS DE INTEGRACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL

Esta sección está relacionada a los apartados descritos anteriormente, además tiene estrecha relación con el objetivo de esta investigación, por lo que se le ha dado mayor peso en análisis anteriores, bajo este criterio, se determinará que nivel de integración posee la empresa en sus procesos productivos, tanto internos como externos, para esto se obtendrán criterios obtenidos de la revisión de literatura.

5.1.3.5 INTERNET INDUSTRIAL DE LAS COSAS

Se enfoca en evaluar procesos internos y externos con la gestión de la información en redes de internet, incluye las interconexiones locales y entre departamentos para la disposición de información, así como los elementos externos, como el departamento de compras y ventas, los vínculos con proveedores y sistemas de seguimiento, además analiza la vinculación de la red con la administración de sensores etc.

5.1.3.6 CIBER-SEGURIDAD

Se refiere al nivel de protección de la información periodos de actualización, cifrados, entre otros elementos de protección en la nube, con el fin de ubicar a la empresa en determinando nivel de seguridad que garantice la confiabilidad de la información.

5.1.3.7 LA NUBE

Se considera el nivel de disposición de la información de la compañía en la nube, además, que estrategias emplea para vincular todos los departamentos para que la información fluya en todos los procesos de manera simultánea y sin errores.

5.1.3.8 MANUFACTURA ADITIVA

Mide en la administración de las operaciones y producción el uso de impresiones 3D para brindar mejores visualizaciones de productos terminados antes de iniciar un proyecto de inversión, es una manera de hacer un prototipado de productos para maximizar los beneficios de una inversión.

5.1.3.9 REALIDAD AUMENTADA

Aplicada a sistemas, es la utilización de esta tecnología de los productos en uso, y de esta manera maximizar las experiencias que se pueden obtener de un producto final, esta sección evaluará si la empresa cuenta con este tipo de tecnología que permite probar los productos ante diversas situaciones para implementar en el mundo real.

Hasta ahora se ha considerado todos los elementos que debe contener la eva-

luación, de forma general se han detallado conceptos que serán específicos en el instrumento de medición. A continuación se detallan los procedimientos empleados para su diseño.

5.1.4 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Existen diversos instrumentos de medición, y cada uno lleva diferentes características que debe incluir para lograr el objetivo planteado, sin embargo, la metodología para construirlos es similar, y la evaluación que debe cumplir. A continuación se detallan el procedimiento del instrumento y las pruebas a las que se debe someterse.

5.1.4.1 DISEÑO DE INSTRUMENTO

Forma parte del plan de recolección de datos, se enfoca en obtener información útil por medio de una secuencia sistemática. A continuación se muestran las fases del diseño de instrumentos de medición (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

1. **Redefiniciones fundamentales:** se reevalúan las variables de la investigación, el lugar específico donde se recabarán los datos, el propósito de tal recolección, quiénes y cuándo van a ser medidos, las definiciones operacionales y el tipo de datos que se quieren obtener.
2. **Revisión enfocada de literatura:** mediante la revisión de literatura se encuentran, los instrumentos o sistemas de medición utilizados en estudios anteriores para medir las variables de interés, lo cual ayuda a identificar qué herramientas pueden ser de utilidad.
3. **Identificación del dominio de las variables a medir y sus indicadores:** se trata de identificar y señalar con precisión los componentes, dimensiones o

factores que teóricamente integran la variable, también se deben establecer los indicadores de cada dimensión.

4. **Toma de decisiones clave:** se toman decisiones importantes que tienen relación con el instrumento de medición:
 - Utilizar un instrumento de medición ya elaborado, adaptarlo o desarrollar uno nuevo.
 - Si se trata de uno nuevo, decidir de qué tipo (cuestionario, escala de actitudes, hoja de observación, etc.) y cuál será su formato.
 - Determinar el contexto de administración (autoaplicado, cara a cara, etc.).
5. **Construcción del instrumento:** la etapa implica la generación de todos los reactivos, indicadores y/o categorías del instrumento, así como determinar sus niveles de medición, codificación e interpretación.
6. **Prueba piloto:** esta fase consiste en administrar el instrumento a una pequeña muestra de casos para probar su pertinencia y eficacia (incluyendo instrucciones), así como las condiciones de la aplicación y los procedimientos involucrados. A partir de esta prueba se calculan la confiabilidad y la validez iniciales del instrumento.
7. **Elaboración de la versión final del instrumento, su procedimiento de aplicación e interpretación:** implica la revisión del instrumento o sistema de medición y su forma de administración para implementar cambios necesarios (quitar o agregar reactivos, ajustar instrucciones, tiempo para responder, etc.) y posteriormente construir la versión definitiva incluyendo un diseño atractivo.
8. **Entrenamiento del personal que va a administrar el instrumento y calificarlo:** esta etapa consiste en capacitar y motivar a las personas que habrán de aplicar y codificar respuestas o valores producidos por el instrumento o sistema de medición.

9. **Obtener autorizaciones para aplicar el instrumento:** en esta fase es fundamental conseguir los permisos y accesos necesarios para aplicar el instrumento o sistema de medición.
10. **Administración del instrumento:** aplicar el instrumento o sistema de medición a los participantes o casos de la investigación.
11. **Preparación de los datos para el análisis:**
 - Codificarlos.
 - Limpiarlos.
 - Insertarlos en una base de datos.

Al finalizar los pasos anteriores, el análisis consiste en la presentación de la información obtenida por el instrumento de medición, de forma organizada en la que se presenten datos consistentes que permitan tomar decisiones acertadas.

5.1.4.2 OBJETIVIDAD

Es el grado en que el instrumento de medición es o no permeable a la influencia de los sesgos y tendencias de los investigadores que lo administran, califican e interpretan (Hernández Sampieri *et al.*, 2014; López y Pedraza Corpus, 2017).

5.1.4.3 VALIDEZ

Se resume como el grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

- **De contenido:** se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide.

- **De criterio:** se establece al comparar sus resultados con los de algún criterio externo que pretende medir lo mismo.
- **De constructo:** es probablemente la más importante, sobre todo desde una perspectiva científica, parte del grado en el que las mediciones del concepto proporcionadas por el instrumento se relacionan de manera consistente con mediciones de otros conceptos o variables vinculadas empírica y teóricamente.
- **De expertos:** grado en que aparentemente un instrumento mide instrumento realmente mide la variable de interés, de acuerdo con expertos en la variable en cuestión, de acuerdo con «voces calificadas».

5.1.4.4 CONFIABILIDAD

Es el nivel con el que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes Hernández Sampieri *et al.* (2014). En la investigación se ha empleado el **Alfa de Cronbach** para medir consistencia interna, ubicando los resultados según correspondan en la tabla 5.3, se puede emplear a partir de varianzas o a través de las correlaciones entre reactivos, en este caso se hizo a través de varianzas con la siguiente fórmula:

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right]$$

donde: k es el número de reactivos, S_i^2 es la varianza de cada reactivo i , S_t^2 es la varianza de los valores totales observados.

Hasta ahora se ha expuesto los conceptos relacionados a los parámetros que servirán para ubicar el desarrollo de las empresas, así como el diseño del instrumento de medición, y las pruebas a las que debe ser sometido, a continuación se presenta la segunda fase de la metodología propuesta, que servirá como fase de análisis.

Tabla 5.3: Escala de consistencia de Alfa de Cronbach

Alfa de Cronbach	Consistencia interna
$0.9 \leq \alpha$	Excelente
$0.8 \leq \alpha < 0.9$	Bueno
$0.7 \leq \alpha < 0.8$	Aceptable
$0.6 \leq \alpha < 0.7$	Cuestionable
$0.5 \leq \alpha < 0.6$	Pobre
$\alpha < 0.5$	Inaceptable

Fuente: Adaptación de González Alonso y Pazmiño Santacruz (2015)

5.2 EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN EL MODELO DE NEGOCIO

Esta información es analizada desde dos puntos de vista, según lo sugiere el Modelo Canvas, incluye factores internos y externos, los cuales están relacionados a la administración de la compañía y al estudio del mercado. Para que la organización pueda ser analizada debe existir armonía entre la gestión interna y la externa, debe existir una alineación perfecta. La figura 5.3 muestra de manera general los elementos que incluye el análisis del modelo, de manera implícita están relacionados al mercado (azul) y a la organización (verde). A continuación se explica la manera en que se llevará a cabo el análisis.

5.2.1 ORGANIZACIÓN

Se enfoca al análisis de criterios internos, en los que la organización puede hacer cambios y modificaciones al flujo de los procesos con la finalidad de elevar la eficiencia.



Figura 5.3: Elementos de análisis del modelo Canvas organización-mercado

Fuente: Osterwalder y Pigneur (2010)

5.2.1.1 RECURSOS CLAVE

Es la evaluación de las alternativas propuestas desde el punto de vista de ejecución, para ello se consideran todas las posibles opciones, estos recursos pueden ser físicos, digitales, económicos, humanos o intelectuales, y deben responder a las actividades que deben ser ejecutadas.

5.2.1.2 ACTIVIDADES CLAVE

El análisis de éstas actividades es tan importante como las propuestas de valor, se enfoca en la determinación de las actividades críticas del proceso, es decir, valora a las actividades con el fin de colocar los mayores esfuerzos en mejorarlas.

5.2.1.3 SOCIOS CLAVE

Este punto, evalúa las alianzas estratégicas para asegurar el flujo de los procesos productivos, estas alianzas pueden ser multivariadas, relacionadas a administración tecnológica, de procesos, de materiales, de personal, todo lo que se necesario para incrementar la eficiencia de sus operaciones.

5.2.1.4 ESTRUCTURA DE COSTOS

Es el criterio final de la evaluación del Modelo Canvas, por lo tanto manifiesta el poder que tiene la empresa para implementar tecnología.

5.2.2 MERCADO

El análisis del mercado en el Modelo Canvas, es uno de los elementos principales, y es quien dicta las estrategias que deben desarrollarse, esta sección es para estructurar adecuadamente las ideas a fin de elegir las apropiadas desde el punto de vista de los consumidores.

5.2.2.1 CLIENTES

Se enfoca en la determinación del mercado meta, en este sentido debe tenerse clara la idea de para quien se crea valor, conocer al máximo a nuestros consumidores nos coloca en un sitio alto para proponer ideas aceptables ante ellos.

5.2.2.2 PROPUESTA DE VALOR

Debe solucionar las necesidades de nuestros clientes, ofrecer los mayores beneficios sin sacrificar la rentabilidad del negocio, además debe ser en todos los sentidos viable.

5.2.2.3 CANALES DE DISTRIBUCIÓN

Responde a los cuestionamientos relacionados al medio en que se hará llegar la propuesta de valor a nuestro segmento de clientes objetivo, en este caso puede ser útil una estrategia de *marketing* y herramientas digitales.

5.2.2.4 RELACIONES CON LOS CLIENTES

Esta sección debe su importancia al establecimiento de límites vinculados a la relación que mantendremos con nuestros clientes, definir claramente el inicio y fin de estas relaciones es muy importante, en este sentido puede hacerse uso de las tecnologías de información.

5.2.2.5 FUENTE DE INGRESOS

El flujo de ingresos es la evaluación de los beneficios monetarios que van a centrarse en el beneficio obtenido por la implementación de las herramientas de industria 4.0 que se obtengan del mapeo, es una visualización en números de que ventajas se obtendrán al implementar estas herramientas respecto a la operación actual y el impacto en costos operacionales de lo que nuestros clientes pueden pagar.

Hasta ahora se ha mencionado la obtención de información por el instrumento de medición seguido de la gestión por medio del Modelo Canvas, a continuación se

presenta la última fase.

5.3 EVALUACIÓN Y DESARROLLO ORGANIZACIONAL

Esta sección presenta la situación en la que se encuentra la empresa, por medio de la medición de procesos y el análisis en un modelo operativo sólido que permita visualizar un estado futuro de la compañía. Además, proporciona el nivel alcanzado, así como la estructuración de recomendaciones. El diseño de este apartado se compone por los focos de industria 4.0, los niveles que se proponen, como se interpretan en los sistemas de integración horizontal, vertical y las tecnologías, y cómo último, la forma de presentar resultados.

5.3.1 FOCOS DE INDUSTRIA 4.0

Se considera los agentes que estarán involucrados en el proceso de evaluación de las empresas, para obtener las perspectivas generales de la organización. Se incluye a operaciones y organización como evaluación interna y a clientes como el panorama externo (incluye proveedores).

5.3.1.1 OPERACIONES

Hacer sistemas de producción flexibles que pueden responder fácil y rápidamente a los cambios en la demanda, las necesidades y exigencias del consumidor, y principalmente la evolución de las tecnologías involucradas.

En las operaciones están involucrados los gerentes de los departamentos, por lo cual ellos son los responsables de evaluar estas áreas, en general, ellos conocen los elementos críticos de cada proceso, por lo tanto cualquier elemento que se desea

agregar o quitar en el flujo de proceso, debe considerar los argumentos que ellos presenten, a favor o en contra.

Uno de los objetivos de impacto en las operaciones es hacer posible una verdadera personalización en masa a precios y esfuerzos razonables, elevar la eficiencia y excelencia operacional gracias a la constante retroalimentación de información y los ajustes que dicha información es capaz de generar en las cadenas de abastecimiento, la planeación de producción y en general la operación de toda la cadena de suministro.

5.3.1.2 ORGANIZACIÓN

Generar ambientes de trabajo renovados con la implementación de tecnologías y servicios especialmente diseñados para facilitar la movilidad, eficiencia y comunicación efectiva en la organización. También busca un balance de colaboración entre equipos de trabajo y servicios para ello hay habilidades y conocimientos que se suman a las competencias básicas o esenciales de cualquier trabajador moderno, como la afinidad con la tecnología, idiomas y habilidades cuantitativas.

Este foco de industria 4.0 es evaluado directamente por directores generales, pues de ellos depende el rumbo de la organización, por lo cual, sobre ellos existe la responsabilidad de construir una solida base humana, tecnológica y operacional.

5.3.1.3 CLIENTES

Todos los procesos y mejoras que se puedan hacer en la organización son nulos si el cambio no se ve reflejado en los clientes, ellos son el foco más importante y la finalidad por la cual se agrega tecnología a la organización, por ello los productos y servicios deben diseñarse y adaptarse a los gustos y necesidades específicas de cada consumidor.

Los clientes y su interacción con las empresas en los procesos de creación, diseño y seguimiento de los productos y servicios desarrollados, debe ser la meta diaria, para ubicar a nuestros clientes en un sitio del que nunca se quieran ir, sino más bien, estén pendiente de los desarrollos y beneficios que la empresa les otorga.

Este foco es evaluado por clientes y proveedores para la estructura horizontal.

5.3.2 NIVELES Y MEDICIÓN DE INDUSTRIA 4.0

Establecer un nivel implica análisis específico de las operaciones y del entorno en estudio, la propuesta para medición consiste en cuatro horizontes, los cuales han sido comparados en la *validación de criterio*, y se ha concluido en ellos como distintos a los analizados anteriormente, la medición consiste en colocar al sistema dentro de un nivel con la inclusión de los tres elementos descritos, sistema vertical (medición en porcentaje), sistema horizontal (ubicado en cuatro etapas de integración) y las tecnologías (porcentaje de desarrollo) que pueden aplicarse, para ello se ha elaborado un cuadro (ver figura 5.4) en el que deben cumplirse todos los elementos para poder determinar el nivel en el que se encuentra la compañía.

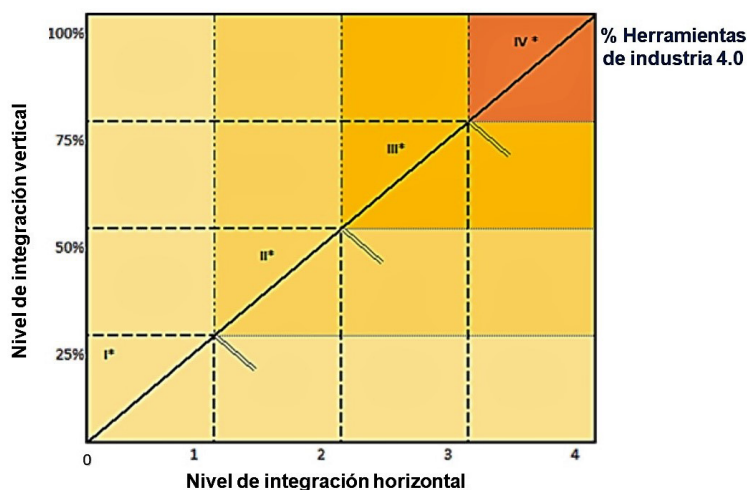


Figura 5.4: Niveles de desarrollo de industria 4.0

Fuente: Elaboración propia

5.3.2.1 NIVEL 1: PRINCIPIANTE

Se distingue por administrar sus procesos sin vinculación entre ellos, mediante una estructura tradicional de operaciones, su uso de tecnología es limitado en su modelo de negocio.

5.3.2.2 NIVEL 2: TÉCNICO

Cuenta con equipo, herramientas y tecnologías limitadas, realiza las operaciones de forma estructurada, tiene un vínculo estrecho con los agentes de su cadena de suministro, y su modelo de negocio es integral.

5.3.2.3 NIVEL 3: PROFESIONAL

Es profesional en la administración de sus recursos y de su cadena de valor, integra sus operaciones y alinea su cadena de suministro a la demanda, responde eficazmente a los eventos inesperados y las tecnologías forman parte de su modelo de negocio.

5.3.2.4 NIVEL 4: AVANZADO

Se vale de la tecnología para ejecutar sus procesos, posee una visión integral de su cadena de valor y vinculación al cliente, y sus operaciones internas son totalmente integradas con alto grado de autonomía, su modelo de negocio está basado en estrategias disruptivas.

5.3.3 FORMATO DE RESULTADOS

La trascendencia del proyecto de investigación se centra en la presentación de resultados, para ello se han analizado elementos para definir la estructura en que serán entregados, Hernández Sampieri *et al.* (2014) sugieren que la presentación debe enfocarse al usuario, en determinado contexto y estándares de aplicación para decidir que tipo de reporte se entregará.

La presente investigación se dirige a las empresas, y recae la responsabilidad en elaboradores de políticas, ejecutivos y funcionarios que toman decisiones, en un contexto que puede ser académico o no. Según los estándares de aplicación son utilitarios, con resultados fáciles de entender, de orientación visual y claridad de ideas, con posibilidad de ser aplicados de manera inmediata. Con las características de la propuesta, se hizo elección del tipo de reporte entre informe técnico, presentaciones, contenido audiovisual y resumen ejecutivo, eligiendo el último.

Hasta ahora se ha detallado la estructura de la metodología que soporta la investigación, en el siguiente capítulo se abordarán los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 6

APLICACIÓN Y RESULTADOS

Este capítulo muestra el instrumento de medición obtenido en la fase de mapeo de la estructura organizacional, los resultados de las pruebas de evaluación y presenta el caso de estudio, en el que se ejecutó la herramienta completa.

Éstos resultados se encuentran considerados en los siguientes apartados:

- **Diseño de instrumento:** expone la totalidad de los reactivos incluidos para la obtención de información en áreas específicas relacionadas con los sistemas de integración vertical y horizontal, así como el desarrollo y utilización de tecnología.
- **Evaluación del instrumento:** consiste en el resultados de las pruebas de objetividad, validación y confiabilidad, este apartado detalla la veracidad para la obtención de resultados precisos.
- **Análisis de caso:** presenta el análisis de una empresa del sector automotriz perteneciente al CLAUT (Cluster Automotriz de Nuevo León), los resultados del diagnóstico, el análisis de modelo de negocio y las recomendaciones para su evolución a industria 4.0.

A continuación se detallan los resultados de manera puntual.

6.1 DISEÑO DE INSTRUMENTO

El instrumento de medición se diseñó con la finalidad de otorgar resultados en tres vertientes consideradas en todo el proyecto de investigación:

- Integración vertical.
- Integración horizontal.
- Aplicación de tecnologías.

Los primeros dos son considerados de manera sistemática, mientras que el tercero, se ha considerado de forma implícita en los dos primeros.

Para la creación del instrumento de medición se siguió la metodología presentada en el capítulo 5 con referencia al diseño de instrumentos, en la que se presentaron resultados de investigación para determinar directrices (el apéndice A muestra como están interrelacionadas las tecnologías con los procesos, es una compilación de estudios analizados), además se analizaron puntos críticos para determinar la forma de evaluar y contraer algunos reactivos.

La versión final del instrumento de evaluación consiste en un total de 146 reactivos divididos en 25 secciones de criterios, de las cuales 12 pertenecen a los cinco elementos del sistema de integración vertical y 13 a los tres elementos que conforman la integración horizontal, en la sección de pruebas de evaluación se presenta el instrumento genérico de primera creación y como se llegó a la última versión.

Todos los reactivos propuestos están organizados de forma sistemática para la obtención de información del estado actual en cada uno de los elementos propuestos sustentados en todo el proceso de investigación.

La figura 6.1 presenta los elementos y criterios considerados en la evaluación, para visualizar el instrumento de medición completo ver apéndice B.

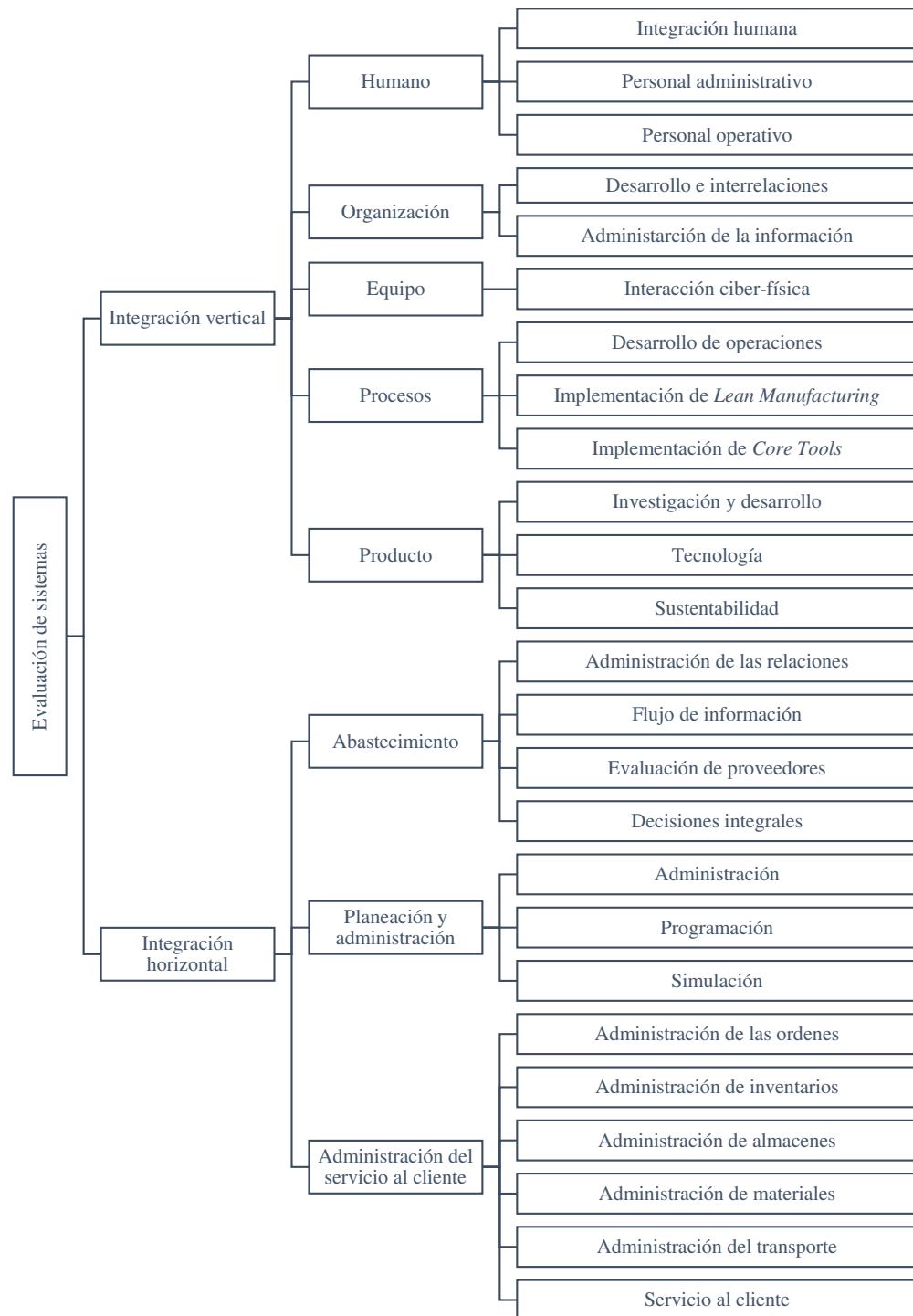


Figura 6.1: Elementos y criterios del instrumento de evaluación de sistemas

Fuente: Elaboración propia

6.2 EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO

Las pruebas de evaluación brindan soporte al instrumento para que los resultados que se obtengan al suministrarlo sean totalmente verídicos y apegados a la realidad.

Al evaluar, se consideran variables que pueden ser vistas desde diferentes ángulos, con la finalidad de suavizar las inconsistencias y deficiencias que en el diseño hayan sido omitidas.

En la propuesta de investigación la fase 1 de la metodología propone el mapeo de la estructura organizacional mediante el instrumento mostrado en la figura 6.1 (y su versión completa en apéndice B), se ha sometido a las pruebas mostradas en la figura 6.2 con el fin de asegurar que cumple con especificaciones apegadas a los objetivos planteados.

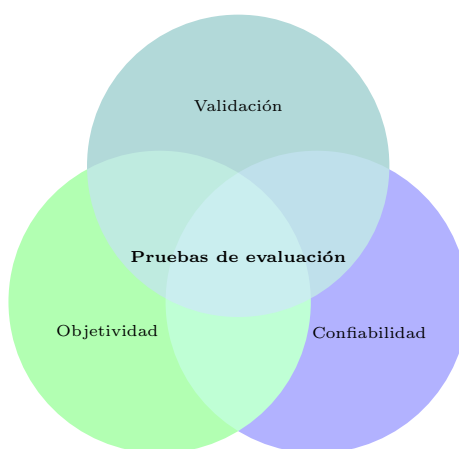


Figura 6.2: Pruebas de evaluación

Fuente: Hernández Sampieri *et al.* (2014)

Las pruebas a las que fue sometido el instrumento de medición fueron progresivas hasta obtener la versión final, a continuación se presentan estos resultados.

6.2.1 RESULTADOS DE OBJETIVIDAD

Es el primer atributo que debe considerarse antes de las pruebas de validación y confiabilidad en instrumentos de evaluación, con el fin de distinguir cualidades para evitar asociarlas incorrectamente con las siguientes pruebas. Presenta resultados de un proceso dual con la contrastación de conocimientos e ideas empíricos, y en la intersubjetividad donde se aceptan la construcción de ideas como válidas con un acuerdo convencional sobre el objeto de estudio con apreciaciones subjetivas.

Para aplicar esta prueba al instrumento de medición se reconocieron y establecieron las manifestaciones del objeto de estudio, independientes del observador, donde se sabe que, aunque cada agente involucrado como observador es único, está en posibilidad de establecer criterios sobre sus afirmaciones, de modo que el acuerdo convencional de evaluación, elimina discrepancias entre observadores.

La figura 6.3 muestra los aspectos fundamentales de los cuales depende la objetividad y que han sido aplicados al instrumento de medición:

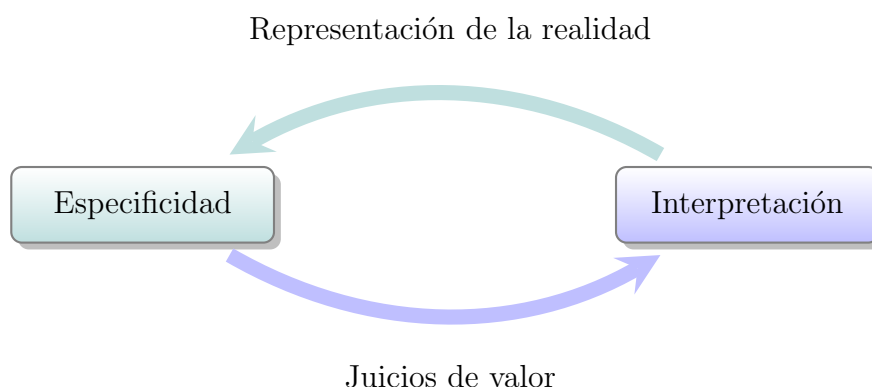


Figura 6.3: Aspectos de dependencia de la objetividad

Fuente: Elaboración propia

Análisis de la dependencia de aspectos fundamentales:

- Especificidad: se redefinieron los reactivos a partir de aceptación convencional partiendo de cualidades intrínsecas, donde se puede hacer diferencia de

cualidades inherentes y criterios de inclusión o exclusión.

- **Interpretación:** se establecieron justificaciones de uso en el suministro del instrumento de medición a sectores productivos, donde los juicios de valor pueden postularse de forma contextual, según el giro industrial, dimensiones de las compañías, la jerarquía del observador y ponderaciones para los agentes involucrados en el proceso de suministro de la evaluación.

6.2.2 RESULTADOS DE VALIDACIÓN

La validación del instrumento consistió en la aplicación de cuatro pruebas, que se ligaron a la evaluación de la objetividad, de manera que fueron complementadas, los resultados de estas pruebas se presentan a continuación:

- **Contenido:** se obtuvieron fuentes de conceptos en los que se prueban elementos de comprensión y difusión de ideas concretas, con la finalidad de establecer claramente los elementos, criterios y reactivos.

La figura 6.4 muestra el esquema de investigación de conceptos clave utilizados en la definición de reactivos para el instrumento de medición.

En esta etapa fueron analizados 186 reactivos que se definieron en el diseño del instrumento siendo divididos en 8 elementos pertenecientes a las dos secciones (integración vertical, cinco; integración horizontal, tres), también se analizó la escala a utilizar en la que se establecieron 5 rangos usando Likert.

- **Criterio:** se realizó por medio del análisis de herramientas disponibles que consideran la medición de industria 4.0 en diversos factores, en esta se compararon diversos elementos incluidos en la medición.

Se revisaron 6 modelos que miden el nivel de madurez en el marco de industria 4.0, la tabla 6.1 muestra el comparativo de estos modelos.

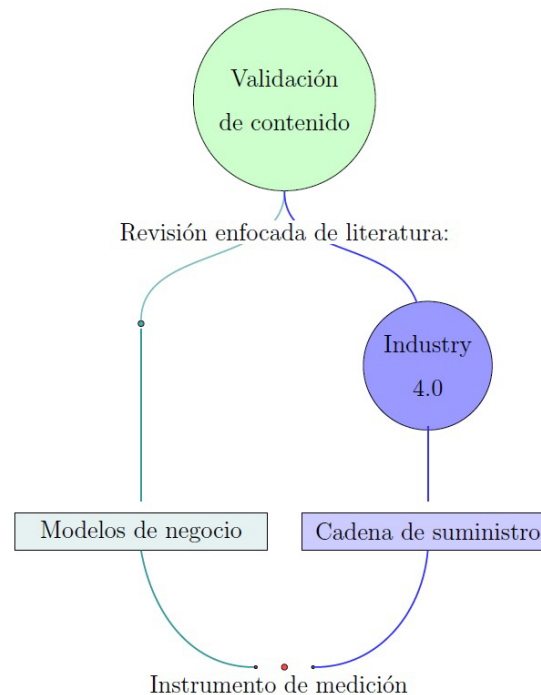


Figura 6.4: Esquema de validación de contenido

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.1: Modelos de evaluación en industria 4.0

Nombre del Modelo	Autor	Descripción
The Connected Enterprise Maturity Model	Rockwell-Automation (2014)	Es un modelo de madurez que consiste en cinco etapas para medir el nivel de industria 4.0 con 4 dimensiones. (Herramienta publicada)
Fitness-Check für industrie 4.0 Entwickelt	FH-Oberösterreich (2015)	Evaluación de madurez en tres dimensiones y 13 reactivos para el posicionamiento en 10 niveles(sin detalle específico)

Sigue en la página siguiente.

Nombre del Modelo	Autor	Descripción
IMPULS Industrie 4.0 Readiness	VDMA RWTH Aachen IW Consult (2015)	Brinda una evaluación en 6 dimensiones, incluyendo 18 reactivos para indicar el desempeño en 5 niveles (Herramienta electrónica)
HADA – Herramienta de Autodiagnóstico Digital Avanzada	Ministerio de economía, industria y competitividad (2016)	Evalúa 5 dimensiones clave, divididos en 16 palancas en el desempeño de 6 niveles (Herramienta electrónica)
Empowered and Implementation Strategy for Industry 4.0	Lanza <i>et al.</i> (2016)	Evaluación de la madurez de Industria 4.0 como verificación rápida y parte de un modelo de proceso para su realización (Sin detalles de reactivos y niveles)
The Industry 4.0/Digital Operations Self Assessment	PWC (2016a)	Evaluación en 6 dimensiones, focalizada en cuatro niveles de madurez (Herramienta electrónica acceso de consulta a 3 de 6 dimensiones)

Fuente: Elaboración propia

Una vez analizados los modelos de evaluación de industria 4.0, se procedió a un estudio analítico profundo de aquellos que cumplieran con características similares al instrumento diseñado.

La figura 6.5 muestra los modelos seleccionados, son base en cuanto a la estruc-

tura que se plantea y además son instrumentos de medición que se encuentran organizados de forma sistemática y están disponibles en internet, de manera que el acceso a ellos permitió obtener información puntual acerca del planteamiento de reactivos que permitieron la exploración del instrumento desde el sentido de integración vertical y horizontal de sistemas.

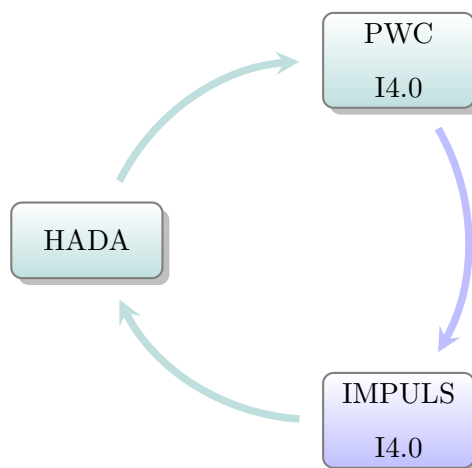


Figura 6.5: Modelos de estudio seleccionados en industria 4.0

Fuente: Elaboración propia

De estos modelos se analizaron hallazgos acerca de elementos y criterios que ya estaban establecidos y los que no habían sido considerados se incluyeron para complementar el instrumento.

- **Constructo:** la validación por medio de constructo se obtuvo por medio del análisis de los reactivos propuestos (186), con el objetivo de dar respuesta a cuestionamientos acerca de los elementos establecidos.

Se diseñaron constructos partiendo del hecho que un reactivo cumple con las características pertinentes para medir al elemento en cuestión. Los constructos por los cuales se diseñó el instrumento pertenecen al tipo subordinado, en el que están organizados según su rango de conveniencia.

La figura 6.6 muestra la organización del instrumento en el diseño de constructos, en este, se establece la cantidad de reactivos que se analizaron para dar respuesta a los criterios establecidos, de forma visual se puede apreciar la

vinculación entre los reactivos y de forma global las interrelaciones en todo el instrumento.

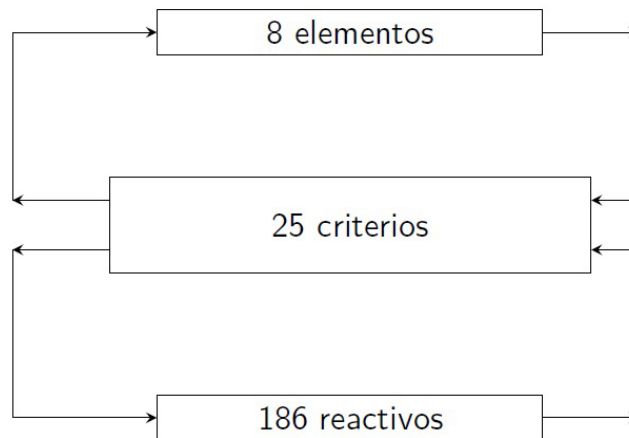


Figura 6.6: Diseño de constructos

Fuente: Elaboración propia

- **Expertos:** las voces calificadas jugaron un papel importante en el diseño del instrumento. La figura 6.7 muestra los escenarios en los que los expertos participaron para validar el instrumento diseñado, en el que se abordaron perspectivas de investigación y desarrollo, así como aplicaciones industriales que permiten mejorar los sistemas de integración en la cadena de suministro.

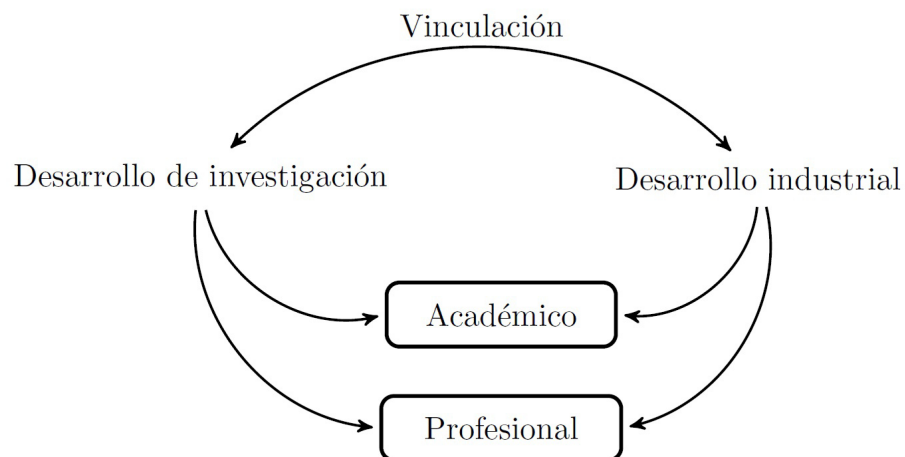


Figura 6.7: Evaluación por expertos

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestran las características de los escenarios de la participación de los expertos.

- Académico: los expertos de este escenario están relacionados directamente con el área de investigación en cadena de suministro e industria 4.0.
- Profesional: el enfoque profesional está ligado directamente con el área de operaciones y desempeño dentro de los sistemas de administración e integración vertical y horizontal.
- Vinculación: perspectiva pragmática en la que la gestión de operaciones se involucra con el sector productivo considerado en el caso de estudio.

De manera general se obtuvieron las siguientes recomendaciones para mejorar el instrumento de evaluación:

- Reducción de términos y tecnicismos involucrados en los reactivos de manera que sea sean claros y comprensibles, dejando fuera sensibilidad a dualidad y ambigüedad.
- Análisis de las interconexiones entre reactivos, de manera que impactan a diferentes criterios.
- Reducción del número de reactivos, de manera que se interprete la misma información.
- Reducción de la escala de Likert de 5 a 4 escalones para disminuir sesgos de tendencia.
- Consideraciones del suministro del instrumento de evaluación (en recursos electrónicos).
- Exactitud de los datos considerados para la determinación del tamaño de empresas en la aplicación.

- Alineación de los agentes involucrados en el proceso de evaluación de casos de aplicación.

A partir de las observaciones de los expertos y las consideraciones diseñadas de acuerdo al proceso de investigación se presenta el instrumento de evaluación para el mapeo de la estructura organizacional en su última versión, con un total de 146 reactivos divididos en 25 secciones de criterios, de las cuales 12 pertenecen a los cinco elementos del sistema de integración vertical y 13 a los tres elementos que conforman la integración horizontal.

6.2.3 RESULTADOS DE CONFIABILIDAD

La prueba de confiabilidad se realiza por medio del suministro del instrumento de medición, para probar su efectividad en diferentes entornos industriales, para ello se realizó una evaluación en la que se incluyeron varios sectores productivos, la figura 6.8 muestra la participación activa, un total de 14 agentes participaron de los cuales, en una revisión crítica se descartaron 6, por presentar datos inconclusos que alterarían el valor de la prueba, utilizando las respuestas de 8 agentes pertenecientes a los diferentes sectores mencionados.

Esta prueba se realizó por medio del Alfa de Cronbach obteniendo los siguientes resultados:

$$\alpha = \left[\frac{146}{146 - 1} \right] \left[1 - \frac{127.30}{8678.98} \right] = 99.2$$

Comparando el resultado de acuerdo a la escala observada en la tabla 5.3 puede afirmarse que la estructura del instrumento de medición con base al criterio de confiabilidad entra en el rango de excelente.

El apéndice C muestra la gestión de datos para la obtención de la confiabilidad.

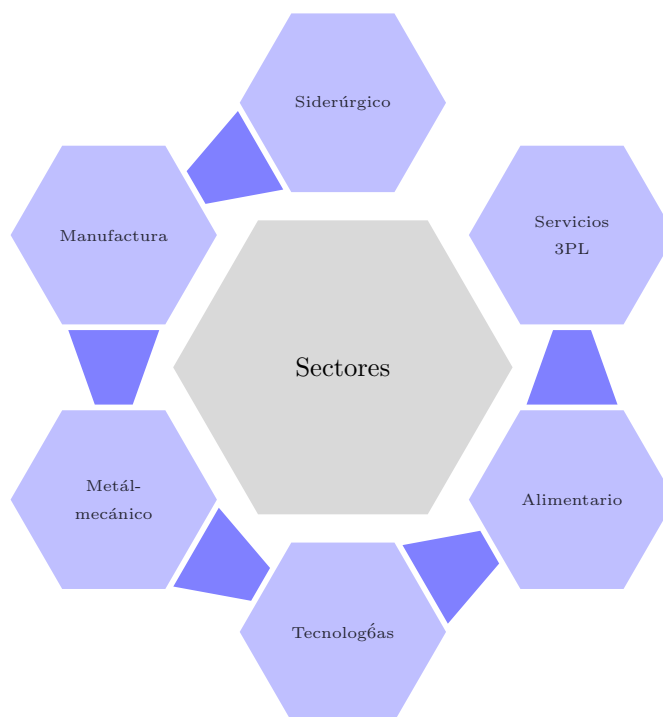


Figura 6.8: Sectores participantes en validación

Fuente: Elaboración propia

Una vez establecidas las evaluaciones de objetividad, validez y confiabilidad se estructuraron las fases 2 y 3 de la investigación como se presenta en el capítulo 5, como son de análisis se han incluido directamente en el caso de estudio que a continuación se presenta.

6.3 ANÁLISIS DE CASO

La aplicación de la metodología planteada es desarrollada sobre un caso de estudio no empírico, por lo que su gestión de aplicación presentó demoras en el proceso de obtención de datos.

Por cuestiones éticas el uso de la información es confidencial por lo que se maneja información con fines ilustrativos de la aplicación de la herramienta diseñada.

La investigación en el caso de estudio es de carácter explicativo, y su alcan-

ce es aplicar la metodología diseñada, hasta la entrega del resumen ejecutivo, las consideraciones de implementación quedan a merced de los directivos.

Las características de aplicación son las siguientes:

Se trata de una empresa del sector automotriz de proveeduría global, líder de soluciones de transmisión, movilidad, frenado y posventa para vehículos comerciales e industriales, en el estado de Nuevo León.

Se desarrolló el caso con mayor énfasis en la fase de diagnóstico, sin embargo, se concluyeron las siguientes etapas de la metodología.

En la fase de diagnóstico la empresa fue evaluada desde el punto de vista de cadena de suministro, específicamente en los sistemas de integración vertical, horizontal y tecnologías, y calificando los criterios establecidos en los niveles (ver apéndice D, obteniendo un nivel 3.

Para ver el resumen ejecutivo del desarrollo de la metodología en el caso de estudio vaya al apéndice E.

Hasta ahora se han presentado hallazgos de investigación y nuevas tendencias, tanto administrativas como de implementación de tecnologías, en la ejecución de la metodología desarrollada, el siguiente capítulo muestra las conclusiones del proyecto en general.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

Industria 4.0 se presenta de manera inminente en el mercado global, transformando radicalmente la industria, los negocios, los sistemas, la sociedad y holísticamente el modo de vivir.

En términos industriales, esta revolución impacta en todos los aspectos a los procesos productivos, sin dejar lugar a la expectativa, por lo tanto, para su adopción se necesita asertividad y pragmatismo.

Se pueden citar los siguientes enunciados como conclusiones de la investigación desarrollada:

- Esta revolución se considera integradora desde el punto de vista que incluye tecnologías, herramientas, habilidades, destrezas y conocimientos disponibles, para brindar autonomía a los sistemas, incrementar los niveles eficiencia, servicio al cliente y sustentabilidad.
- Las tecnologías y el internet juegan un papel preponderante en la nueva era, de facto, su adopción en las compañías es imprescindible.
- Industria 4.0 busca interrelacionarse de forma autónoma para brindar excelencia en el servicio por medio de la integración de sistemas.
- La inclusión de las empresas a la nueva forma de operar requiere difusión de

información que permita el entendimiento y la práctica de la nueva modalidad de realizar las actividades productivas.

- Las empresas deben tener una preparación previa a su postulación de operar en esquemas de industria 4.0, para garantizar su desarrollo en el nuevo sistema.
- El personal debe tener conocimientos tecnológicos tanto para áreas administrativas como operativas, así como la disposición de adquirir nuevos conocimientos y habilidades que permitan desarrollar las actividades eficientemente.
- El proceso de investigación y desarrollo de nuevos servicios y productos debe ser analizado desde el punto de vista tecnológico y sustentable.
- La administración de proveedores y clientes deben operar bajo cadenas integradas y sincronizadas.
- La gestión de operaciones en el nuevo sistema integra a las compañías independientemente de su tamaño y giro, debe adaptarse de acuerdo a sus necesidades inmediatas.
- La importancia de evaluar recae en el impulso que tienen las empresas de conocer el estado actual y determinar las vertientes que pueden encaminar a la transformación digital y el uso de datos por medio de la identificación de actividades específicas.
- Dar seguimiento a procesos evaluados de desarrollo tecnológico, permite ver el avance a través del tiempo y el impacto en el flujo de ingresos en la compañía, así como las relaciones con los clientes y proveedores en la gestión de la cadena de suministro.
- La identificación en el proceso de investigación de la necesidad de formación de recursos humanos con perfiles de análisis tecnológicos para operaciones y la toma de decisiones en administración, como referente para el desarrollo de nuevos planes de estudios y actualización educativa.

- La formación y adquisición de conocimientos de herramientas tecnológicas de análisis y gestión en respuesta a las necesidades emergentes en el mercado laboral.

Con énfasis al diseño de instrumentos, se concluye:

- La claridad de objetivo debe estar presente para la formulación de reactivos asociados a criterios y elementos incluidos con el fin de obtener resultados ligados a la realidad.
- Las pruebas de evaluación deben aplicarse metódicamente para obtener consistencia elevada que brinde seguridad al instrumento, y además respalde la información que colecte.
- Si bien la prueba con expertos puede alterar la formulación del instrumento, por la naturaleza de pertenecer a puntos de percepción distintos, también puede utilizarse como panel de discusión de ideas para clarificar objetivos e incluso responder a incertidumbres no consideradas en el proceso de investigación.
- Es básica la realización de pruebas de evaluación para probar instrumentos propuestos, a partir de la prueba piloto y al final del diseño del mismo.
- El instrumento debe denotar las variables que se consideran con el fin de generar medidas de solución y propuestas, por medio de análisis críticos y consistentes basados en el entorno en el que se desarrolla la empresa.
- El desarrollo de la presente investigación muestra la creación de instrumentos de medición, para ello, ha establecido una serie de procedimientos y pruebas para la consistencia y veracidad en la recolección de datos, mismos que pueden ser replicados en instrumentos enfocados en diferentes áreas de gestión.

Relativo al caso de aplicación, se pueden mostrar las siguientes conclusiones:

- La prueba de metodologías diseñadas con fines generales son suministradas apropiadamente con la estructuración de casos de estudio que permiten visualizar el comportamiento de los datos que se gestionan.
- El caso de estudio debe responder eficientemente al alcance de la investigación y determinar puntualmente el alcance en los rubros establecidos.
- La preparación del caso de estudio incluye el proceso para el suministro del instrumento a las personas involucradas que darán respuesta, en la que se establece el equipo interdisciplinario de diferentes áreas de la empresa (clientes, organización, operaciones).
- La aplicación de la herramienta de evaluación, análisis y entrega de resumen ejecutivo a la empresa, da lugar a la toma de decisiones para implementar las recomendaciones para desarrollarse en industria 4.0, ello permite la evaluación posterior de las herramientas y tecnologías como seguimiento, haciendo que la transición sea gradual.
- El análisis de sectores industriales por medio de la metodología diseñada es libre, es decir puede aplicar el sector que se desee, el resultado se establecerá de acuerdo a las condiciones establecidas.
- Se han establecido diversas características para suministrar la metodología diseñada, sin embargo, es incluyente, se entiende que aplica para empresas pequeñas, medianas y grandes con resultados puntuales en las áreas que especificadas.
- El suministro del instrumento de medición ha sido diseñado con la finalidad de aplicarse en industrias globales bajo parámetros genéricos, de tal forma que su aplicación de casos en el extranjero se vea alterada únicamente en el resultado, aludiendo este hecho a las condiciones culturales, de desarrollo industrial y tecnológico del país en el que se encuentre.

Con relación a la actualización de la cadena de suministro en industria 4.0 se puede enunciar lo siguiente:

- La metodología diseñada impacta directamente en la administración logística y cadena de suministro en varios rubros, dentro de los cuales destaca el nivel de servicio al cliente, en el sentido que plantea mejoras en la administración de la información por medio de implementación tecnológica.
- Las operaciones de la cadena se encuentran impactadas en el sentido que los resultados presentan el ambiente propicio para áreas en las que se pueden implementar procesos automatizados, vinculados por medio de sensores para la generación de datos que para responder eficientemente a las necesidades por medio de la toma de decisiones.
- Impacta en el sentido que la metodología permite el proceso de investigación y desarrollo de nuevos escenarios para generar áreas de mejora industrial en toda la cadena de valor.

7.1 CONTRIBUCIONES

Mediante el proceso de investigación, desarrollo de instrumentos y caso de estudio, se han obtenido contribuciones que pueden enmarcarse desde dos perspectivas:

- **Contribución de análisis:** se ha obtenido mediante estudio sistemático en tres áreas:
 - Estudio cualitativo de las tendencias de desarrollo de industria 4.0 en administración y operaciones, así como herramientas de análisis en la toma de decisiones.

- Prospección de la disponibilidad de tecnologías en la cadena de suministro, útiles en la gestión de actividades y planificación, así como seguimiento y servicio al cliente.
 - Exploración de modelos de negocio disruptivos, capaces de adoptar tendencias y actualizar sus procesos en la cadena de valor.
- **Desarrollo técnico:** se expresan en cuestiones técnicas elaboradas en el proceso de investigación:
- Estructuración de un instrumento de medición, semiautomático, para la evaluación de los sistemas de integración, gestión y operación, considerando tecnologías.
 - Diseño de formato de resumen ejecutivo para la presentación organizada de resultados.

7.2 TRABAJO A FUTURO

Como desarrollo a futuro se propone la digitalización completa de la herramienta de diagnóstico en una primera fase que brinde de forma automática el estado actual en niveles de industria 4.0, como seguimiento a ese proceso se espera que el análisis en el modelo de negocio permita otorgar recomendaciones de seguimiento a partir del resultado de diagnóstico de forma autónoma.

El desarrollo de los sistemas de integración vertical y horizontal en el marco de industria 4.0 está en constante actualización, por lo tanto se busca actualizar las nuevas tendencias en investigación y el planteamiento de los nuevos desafíos en toda la cadena de valor.

Otra aplicación de las tendencias de industria 4.0 y el desarrollo empresarial se centra en nichos específicos de manera que las actividades de mejora sean totalmente objetivas, es decir, centrarse en áreas del negocio que desencadenen mejoras

significativas en el servicio al cliente, por mencionar algunas de ellas, proveedores y transacciones, producción y planeación, almacenes y administración, transporte y seguimiento, entre otras.

Un área de oportunidad en la cadena de valor es la toma de decisiones basadas específicamente en estudios de aplicación de herramientas cuantitativas, puntualmente metodologías para el procesamiento de datos en la nube como *big data*, *machine learning*, que se vinculan con optimización y modelación matemática con software como CPLEX y GAMS. Otra tendencia en administración de datos por medio de herramientas de gestión de grandes cantidades de datos en el ambiente tecnológico es el uso de software especializado como *SQL*, *hadoop*, *Microsoft Azure*, *R*, *Tableau* entre otros que permiten una visualización certera del manejo de datos y la toma de decisiones.

Las áreas tecnológicas de gestión de datos para toma de decisiones representan áreas de oportunidad tanto para el desarrollo de investigación como de aplicación industrial, específicamente en la cadena de suministro en áreas de almacenamiento con aplicaciones de tecnologías que permiten la administración de almacenes e inventarios, así como en la administración de transportes con seguimiento en tiempo real y generación de grandes datos para ser procesados y generar información útil.

APÉNDICE A

RELACIÓN ENTRE CATEGORÍAS

A continuación se presenta el cuadro de relaciones entre categorías como análisis en el proceso de investigación de industria 4.0, en el cual se muestran las interdependencias de los bloques, y se visualiza como están interconectados, según diversos autores que han realizado estudios en áreas de gestión y operaciones.

Tabla A.1: Interrelación entre categorías de industria 4.0

Categorías	Relaciones
<i>Big data</i> y análisis (A)	(Lee et al, 2014) ^{BE} (Schuh et al, 2014a) ^{CD} (Wang et al, 2016) ^{BDE} (Ji et al, 2016b) ^D (Ji et al, 2016a) ^{EI} (Matties, 2016) ^{DE} (Chen et al, 2015) ^{DEG} (Ramachandran et al, 2016)) ^{DE} (Wieland and Pfitzner, 2014) ^{DE} (Fedorov et al, 2015) ^{DEG} (Esmailian et al, 2016) ^D (Kagermann, 2015) ^{DEI} (Stojanovic et al, 2016) ^{DE} (Losch et al, 2016) ^{DG}
Robots autónomos (B)	(Brettel et al, 2016a) ^{EGI} (Botthof, 2015) ^{EG} (Kolberg and Zühlke, 2015) ^{DEG} (Faller and Feldmuller, 2015) ^{DE} (Bagheri et al, 2015) ^{DGI} (Schlott, 2013) ^{DE} (Bahrin et al, 2016) ^{EI}

Sigue en la página siguiente.

Categorías	Relaciones
Simulación (C)	(Dombrowski and Wagner, 2014) ^D (Moreno et al, 2016) ^{BEG} (Long et al, 2016) ^{BG} (Ivanov et al, 2016) ^D
Sistemas de integración vertical y horizontal (D)	(Rennung et al, 2016) ^E (Pan et al, 2015) ^{BE} (Sokolov and Ivanov, 2015) ^{CEI} (Schuh et al, 2014b) ^{EI} (Brettel et al, 2016b) ^{EGI} (Kapoor, 2014) ^{EI} (Khan and Turowski, 2016) ^E (Schlechtendahl et al, 2015) ^{BEGI} (Stock and Seliger, 2016) ^{BEI} (Lee et al, 2015) ^{EI} (Schuh et al, 2015) ^{EI} (Bauer et al, 2015) ^{EI} (Hermann et al, 2016) ^{EI} (Mazak and Huemer, 2015) ^{AEI} (Qin et al, 2016) ^{EG} (Schumacher et al, 2016) ^{BEGI} (Kans and Ingwald, 2016) ^{EI} (Thiel and Thiel, 2015) ^{EI} (Zhang et al, 2014) ^{EI} (Prause and Weigand, 2016) ^{BEI} (Gabriel and Pessl, 2016) ^{EI} (Maier et al, 2015) ^{EI} (Vyas et al, 2016) ^{EI} (Wende and Kiradjiiev, 2014) ^{BEI} (Reinheimer, 2015) ^E (Reischauer and Schober, 2015) ^E (Sattler, 2014) ^{BEI} (Hogrebe and Kruse, 2015) ^E (Forstner and Dümmler, 2014) ^E (Botthof and Hartmann, 2014) ^{BEI} (Lasi et al, 2014) ^E (Jung et al, 2015) ^E (Sprock and McGinnis, 2015) ^{EI} (Giret et al, 2016) ^{BEI} (Mosterman and Zander, 2016) ^{EI} (Davis et al, 2012) ^{EI} (Radziwon et al, 2014) ^{BEG} (Gruber, 2013) ^{EI} (Foidl and Felderer, 2016) ^{EI} (Waldner et al, 2015) ^{EI} (Batista et al, 2017) ^{BEI} (Oesterreich and Teuteberg, 2016) ^E (Weyer et al, 2015) ^E

Sigue en la página siguiente.

Categorías	Relaciones
Internet industrial de las cosas IOT (E)	(Li et al, 2015) ^{DI} (Magruk, 2016) ^{BDGI} (Bartodziej, 2016) ^{DI} (Trappey et al, 2016) ^{BDI} (Toro et al, 2015) ^{BDHI} (Shafiq et al 2015) ^{BDGI} (Gilchrist, 2016) ^I (Hoppe, 2014) ^D (Stojki'c et al, 2016) ^{DE} (Sherwin, 2016) ^{DI} (Nowodzinski et al, 2016) ^{DI} (Laghari and Niazi, 2016) ^{CDI} (Dachyar and Risky, 2014) ^D (Amin et al, 2015) ^D (Takano et al, 2016) ^{BI} (Colom et al, 2016) ^{ADI} (Hossain et al, 2016) ^{BGI} (Shrouf et al, 2014) ^{BHI} (Verdouw et al, 2016) ^{BDG}
Ciber-Seguridad (F)	(Albers et al, 2016) ^{BDEI} (Weber and Studer, 2016) ^{DEI} (Lu et al, 2015) ^{ADEI}
Manufactura aditiva (G)	(Schut, 2016) ^{BEI} (Pickett 2016b) ^{DEI} (Trends, 2015) ^{BEDI} (Anderl, 2014) ^{DEI} (Klemp and Pottebaum, 2015) ^{DEI} (Scholz et al, 2016) ^{BEI} (Ferro et al, 2016) ^{EI} (Bogers et al, 2016) ^{EI} (Gaub, 2015) ^{BEI}
Realidad Aumentada (H)	(Kovar et al, 2016) ^{DEI} (Kolberg and Zühlke, 2015) ^{BDEI} (Simonis et al, 2016) ^D (Wolter et al, 2015) ^{DEI}
La nube (I)	(Juan-Verdejo and Surajbali, 2016) ^{DE} (Gao et al, 2015) ^{BDE} (Thames and Schaefer, 2016) ^{DE} (Pickett, 2016a) ^{DE} (Jonathan, 2016) ^D (Abeele et al, 2015) ^{DE} (Nowicka, 2014) ^{BED}

Fuente: Elaboración propia en Saucedo-Martínez *et al.* (2017)

APÉNDICE B

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN

A continuación se presenta el instrumento de evaluación desarrollado para el mapeo de la estructura organizacional, se presenta con las características propias utilizadas en línea.

Contiene reactivos para la integración vertical, horizontal y el nivel de las herramientas tecnológicas se encuentra inmerso en esas dos secciones.

Tabla B.1: Diseño del instrumento de evaluación

Desarrollo Organizacional en Industria 4.0	
Industria 4.0 se compone por diversos sistemas y tecnologías, para desarrollarla en la empresa, se debe partir de la integración de sistemas, estos sistemas se deben cumplir para ajustarlos a las innovaciones que presenta el ambiente industrial.	
Datos generales	
Nombre de la organización:_____	
Puesto ocupado:	
Directivo	<input type="checkbox"/>
Operativo	<input type="checkbox"/>
Cliente	<input type="checkbox"/>
Proveedor	<input type="checkbox"/>
Otro	<input type="checkbox"/>

Sigue en la página siguiente.

Desarrollo Organizacional en Industria 4.0

Nombre: _____

Tamaño de la organización:

- | | |
|---|--------------------------|
| Micro (0-10 Pers. ó < 4 Mdp) | <input type="checkbox"/> |
| Pequeña (11-50 Pers. ó 4.01 - 100 Mdp) | <input type="checkbox"/> |
| Mediana (51- 250 Pers. ó 100.1 - 250 Mdp) | <input type="checkbox"/> |
| Grande (+ de 251 Pers. ó +250.1 Mdp) | <input type="checkbox"/> |

Tipo de organización

- | | |
|-------------|--------------------------|
| Manufactura | <input type="checkbox"/> |
| Tecnologías | <input type="checkbox"/> |
| Servicios | <input type="checkbox"/> |
-

Instrucciones

En cada uno de los cuestionamientos seleccione el valor que más se parece a las características actuales de la empresa en la que labora, desde su perspectiva.

Utilice las siguientes escalas:

Frecuencia

Nunca: el criterio no se ejecuta, no se considera en planeación y por lo tanto no hay indicadores para su medición.

Casi nunca: el criterio es considerado en planeación en un plano secundario y su ejecución carece de importancia.

Casi siempre: el criterio se considera importante y se ejecuta para medir el desempeño en distintas áreas.

Siempre: el criterio es esencial y de impacto en la ejecución y mejora de las actividades.

Desempeño

Elemental: el criterio se desconoce, o se aplica en lo mínimo.

Aceptable: el criterio se ejecuta y permite cumplir los objetivos con algunas deficiencias.

Sobresaliente: el criterio se ejecuta y se obtiene retroalimentación para actualizarlo.

Excelente: el criterio se ejecuta eficientemente, está en constante actualización y se vincula a otros procesos.

Integración vertical

Sigue en la página siguiente.

Desarrollo Organizacional en Industria 4.0

La integración vertical o interna es el soporte de toda la compañía, determina el funcionamiento y las relaciones eficientes en las actividades y procesos, tanto administrativos como operacionales, en su análisis se estudia la manera en la que interactúan los sistemas, y cómo se aplica la tecnología para mejorar los procesos.

Sistema Humano

El capital humano puede considerarse de gran peso en la estructura de la organización, desde rangos directivos y de administración hasta las operaciones, en gran medida las capacidades, habilidades e incluso cultura influyen en el desempeño.

Para mejorar la integración del sistema humano se llevan a cabo las siguientes actividades	Nunca	Casi nunca	Casi siempre	Siempre
Utiliza alianzas entre los departamentos para mejorar el sistema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utiliza <i>Benchmarking</i> (Comparaciones entre departamentos) para fortalecer el desempeño del sistema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desarrolla estrategias, metodologías que fortalezcan el desempeño del sistema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El trabajo en equipo, la planeación, innovación y creatividad en las actividades se ejecutan con base tecnológica y redes de colaboración.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El personal administrativo y operativo es flexible e interdisciplinario.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El personal administrativo cuenta con las siguientes habilidades y destrezas	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Conocimientos matemáticos, de gestión y análisis de datos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conocimiento para la interpretación de los datos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manejo de software especializado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Programación y codificación de procesos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Administración de bases de datos en la nube.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El personal operativo cuenta con las siguientes habilidades y destrezas	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Manejo de robots, centros de maquinado, y equipo y herramienta de operaciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Entiende el funcionamiento de su área y la sincronía entre sensores y generación de datos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Adaptación a nuevas tecnologías al flujo de trabajo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sistema Organizacional

La administración de la empresa en general determina logros partiendo del trabajo en equipo, y esto suma valor al vincular los procesos y actividades en criterios de colaboración y sinergia.

Sigue en la página siguiente.

Desarrollo Organizacional en Industria 4.0

Se puede medir el desempeño de los departamentos y sus interrelaciones en base a los siguientes criterios	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Acceso a los datos relevantes por medio de información compartida.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Colaboración estratégica en red en constante actualización.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Administración desde eje central con alto nivel de sinergia y sincronización.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los indicadores de control son integradores (involucran a más de dos departamentos).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flexibilidad e interoperabilidad de infraestructura tecnológica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se puede medir el flujo y administración de la información bajo los siguientes criterios	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Eficiencia de sistemas de administración de la información.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Información integradora (Comunicación entre sistemas, departamentos y agentes externos).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Servicio al cliente interno y externo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grado de respuesta a imprevistos en el flujo del proceso.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ciberseguridad y protección de datos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Análisis y gestión de mega datos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soluciones y disposición en la nube.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sistema Técnico

El sistema técnico incluye a todo el equipo, herramienta, software y tecnologías de los que se vale la empresa para administrar información y procesos, además de vincularlos.

Se puede medir la interacción ciber-física bajo los siguientes criterios	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Interfaces que permite interpretar los datos ágilmente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Software integrador de funciones y se utiliza a su máxima capacidad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hardware eficiente y actualizado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inteligencia en infraestructuras digitales.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eficiencia de sensores en los procesos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Controladores tecnológicos de gestión de procesos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sigue en la página siguiente.

Desarrollo Organizacional en Industria 4.0

Estabilidad de procesos por medio de controladores descentralizados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Actualización de equipos, herramientas y tecnologías.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Interconexión de procesos y generación de datos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grado de automatización en líneas de producción.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Administración de la automatización fija y flexible.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Suministro inteligente de energía (criterio de sustentabilidad).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Administración de procesos

Las actividades y procesos son todas aquellas acciones que la empresa ejecuta para lograr sus metas, por medio del flujo de información y materiales para la transformación y generación de valor.

Se puede medir el desempeño de las operaciones bajo los siguientes criterios	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Revisión continua y especializada de estructuras y procedimientos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Administración de procesos críticos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nivel de de automatización .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flexibilidad, inter y multidisciplinariedad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicación de herramientas de análisis de procesos y nuevas técnicas de operación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Personalización de productos y servicios.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lean manufacturing es base en los procesos de manufactura, cual de los siguientes elementos se aplican y en qué porcentaje de automatización	0 - 25 %	26 % - 50 %	51 % - 75 %	76 % - 100 %
Las 5 «S»	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Andon.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teoría de restricciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Administración de <i>Buffers</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Filosofía Gemba.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Heijunka.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jidoka.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Planeación y Kaizen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kanban.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sigue en la página siguiente.

Desarrollo Organizacional en Industria 4.0

Análisis y control de mudas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Circulo de Deming (PDCA).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poka-Yoke.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Análisis de <i>smart goals</i> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Personalización TPM.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Administración visual.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Six Sigma.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Value stream mapping</i> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los Core tools”son herramientas eje de la manufactura automotriz, sin embargo, su aplicación en la manufactura general y servicios da buenos resultados, cuál de las siguientes herramientas se aplican y en qué porcentaje de automatización.	0 - 25 %	26 % - 50 %	51 % - 75 %	76 % - 100 %
APQP — Planificación Avanzada de la Calidad del Producto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PFMEA — Análisis de los Efectos del Modo de Fallo del Proceso.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MSA — Análisis del Sistema de Medición.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SPC — Control Estadístico del Proceso.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PPAP — Proceso de Aprobación de Parte de Producción.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Características del producto

El producto/servicio es la razón de la empresa, para ello puede valerse de técnicas que permitan maximizar el valor agregado percibido por el cliente.

Las características del producto/servicio se pueden medir de manera general bajo los siguientes criterios	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Investigación y desarrollo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Colaboración entre socios, proveedores y clientes para el desarrollo de productos y servicios.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Análisis del trabajo por hacer « <i>Job to be done</i> ».	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DFM/A — Diseño para Fabricación y Montaje.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DFMEA — Análisis de Modo y Efecto de Falla de Diseño.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sigue en la página siguiente.

Desarrollo Organizacional en Industria 4.0

Impacto en costos y ganancias con la implementación de productos/servicios inteligentes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se puede medir el desarrollo tecnológico bajo los siguientes criterios	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Tecnología de uso del producto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Digitalización del portafolio de productos/servicios.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Generación de datos e información en el uso del producto/servicio.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Análisis y gestión de información automáticamente (Inteligencia artificial/Realidad virtual).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Interoperabilidad, interacción e interconectividad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Información de valor para la empresa por medio de hiperconectividad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transformación del modelo de negocio a favor de productos y servicios inteligentes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se puede medir la sustentabilidad según los siguientes criterios	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Sustentabilidad del empaque.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Capacidad de reciclaje del producto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Composición de materiales avanzados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Composición de materiales nanotecnológicos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Integración horizontal

Esta integración se desarrolla a través de los eslabones de la cadena de suministro que se ligán a los procesos de la empresa, contribuye al flujo sincronizado con los procesos y administración para ajustarlos a los requerimientos de los clientes.

Administración del abastecimiento

Esta sección evalúa el desempeño de los proveedores, las negociaciones y la administración de las transacciones, en enfoca en las estrategias que la empresa utiliza para atraer y mantener colaboradores que le permitan fortalecer las actividades productivas.

¿Cómo se establecen y administran las relaciones con los proveedores?	Nunca	Casi nunca	Casi siempre	Siempre
La captación de proveedores tiene tendencia a la administración por subastas y subastas inversas en plataformas confidenciales.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La selección de proveedores se hace con indicadores establecidos por software especializado sin posibilidad de cambio.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sigue en la página siguiente.

Desarrollo Organizacional en Industria 4.0

Las negociaciones con proveedores se realiza según la puntuación obtenida en la evaluación (Ganar-Ganar).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los contratos están disponibles justo despues de la negociación con los requerimientos legales pertinentes para ejecutarse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Cómo se administra la información a través de la cadena de suministro?	Nunca	Casi nunca	Casi siempre	Siempre
La información relacionada con el inventario es visible a lo largo de la cadena.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los niveles de servicio de cada proveedor son visibles para lograr las metas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las previsiones y planes de producción están disponibles en la nube.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las previsiones, capacidades y planificación del transporte está disponible en la red.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La lista de materiales se autogenera y actualiza constantemente según el proceso productivo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Existe una descripción a detalle por cada producto y su disponibilidad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Cómo se realiza la evaluación de proveedores?	Nunca	Casi nunca	Casi siempre	Siempre
Se evalúan por medio de plataformas e indicadores vinculados a la red.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La información en la red es confidencial y segura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se generan autoreportes de transacciones y desempeño del proveedor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se generan notificaciones de cambio de políticas según el desempeño y resultados obtenidos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Cómo se establecen las decisiones integrales?	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Exelente
Flexibilidad en los planes de demanda.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Respuesta a eventos críticos en la cadena de suministro.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Evaluación de capacidades de abastecimiento y producción.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Establecimiento de estrategias y administración resiliente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Colaboración de valor de triple hélice: Gobierno-Academia-Industria.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sigue en la página siguiente.

Desarrollo Organizacional en Industria 4.0

Integración multicanal y administración en plataformas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Administración y planeación

La toma de decisiones es esencial en el desarrollo de las actividades, para ello, se debe fundamentar en metodologías y criterios exactos que permitan la ejecución ideal para alcanzar los objetivos, para ello la planeación de la cadena de suministro interna es indispensable.

¿Cómo se ejecutan las actividades de administración?	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Se elaboran proyectos de adaptación tecnológica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Existe alineación de la demanda y suministro bajo software.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Administración, seguimiento y relación con los clientes desde bases de datos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Administración de pronósticos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Administración e interconectividad de software.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Con qué frecuencia se ejecutan las actividades de programación?	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Programación de producción a corto plazo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Programación de mantenimiento preventivo y correctivo en plataformas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Programación de distribución.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Programación de calidad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se puede medir el grado de simulación de la siguiente manera	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Administración y actualización de simulaciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tecnologías de uso de datos (<i>big data</i>).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uso de software avanzado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicación de modelos 3D.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicación de análisis y modelos matemáticos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicación de realidad aumentada e inteligencia artificial.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Administración del servicio al cliente

El servicio al cliente es la meta lograda de la compañía por medio de los procesos y actividades internas y de la cadena de suministro, genera en el cliente una sensación de lealtad y exclusividad, siempre y cuando se administre de manera adecuada y todos los procesos estén enfocados en brindar la mejor experiencia.

¿Cómo se ejecuta el procesamiento de pedidos?	Nunca	Casi nunca	Casi siempre	Siempre
---	-------	------------	--------------	---------

Sigue en la página siguiente.

Desarrollo Organizacional en Industria 4.0

La gestión de pedidos se hace a través de una plataforma en línea.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los datos se gestionan en la nube, según los requerimientos de productos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las operaciones son seguras y mantienen la confidencialidad y protección de datos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Cómo se ejecuta la administración de Inventarios?	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Requerimientos ajustados a la demanda con software y pronósticos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Convenios como inventario administrado por el proveedor (VMI).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Categorización de materiales según su uso (autogenerada).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Generación de reportes automáticos fiables.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vínculo capital humano-infraestructura-tecnología.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Cómo se ejecuta la administración de almacenes?	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Uso de tecnología de administración de almacenes (WMS).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tecnologías de Infraestructura (<i>Racks</i> Inteligentes).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tecnologías y modelos de diseño de <i>layout</i> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reportes de capacidad vinculados a inventario.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Cómo se ejecuta la administración de materiales?	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Uso de tecnologías de recolección (usuario, <i>pick to light</i> , <i>pick to voice</i> , <i>augmented reality</i>).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tecnologías de recolección (Infraestructura y sensores, Automatización).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Automatización del manejo de materiales (10 Principios).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tecnologías de posición e inventario de productos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Cómo se ejecuta la administración del transporte?	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Uso de tecnologías de rastreo y seguimiento.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uso de tecnologías que midan la capacidad y utilización a bordo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autogeneración de reportes peajes, historial de tramo, velocidades, consumo, avance etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sigue en la página siguiente.

Desarrollo Organizacional en Industria 4.0

Sensores de funcionamiento de las unidades.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En la administración de clientes ¿cómo se fortalece la relación?	Elemental	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Predicción y pronóstico de las necesidades de los clientes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alcance de nuevos segmentos de mercado y clientes con productos inteligentes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Existe el contacto activo con el cliente durante todo el proceso del servicio.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En términos de capacidad de respuesta, el cliente se atiende rápida y eficientemente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La calidad de servicio y el producto sobrepasa la expectativa del cliente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El cliente percibe total fiabilidad en los procesos de la empresa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Posterior a la entrega, se tiene continua comunicación con los clientes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Digitalización y adaptación de los canales de distribución.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Interacción, integración e inteligencia digital orientada al cliente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

En un proceso gradual de seguimiento que dé como resultado el nivel de madurez de la empresa en términos tecnológicos y administrativos, ubicando a la empresa en uno de cuatro niveles «Principiante», «Técnico», «Profesional» y «Avanzado», con la finalidad de generar propuestas de desarrollo en la organización interna con los procesos y en la gestión de la cadena de valor que impacten en el modelo de negocio.

Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE C

VALIDACIÓN DE ALFA DE CRONBACH

La formulación de acuerdo a los datos obtenidos del alfa de cronbach queda de la siguiente forma:

$$\alpha = \left[\frac{146}{146 - 1} \right] \left[1 - \frac{127.30}{8678.98} \right] = 99.2$$

En la tabla C.1 se presenta la gestión de respuestas de 8 agentes en los 146 reactivos, así como las varianzas para la determinación del coeficiente de confiabilidad.

Tabla C.1: Gestión de datos para Alfa de Cronbach

Reactivos		Agentes							Varianza
Reactivos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Vi
R1	3	4	4	3	4	3	3	4	0.29
R2	2	3	2	2	4	1	3	3	0.86
R3	2	3	4	2	4	2	3	3	0.70
R4	3	3	3	3	4	3	3	3	0.13
R5	4	4	4	2	4	3	3	3	0.55
R6	3	3	3	1	4	3	3	3	0.70
R7	3	4	4	1	4	2	3	3	1.14
R8	3	4	4	1	4	3	3	4	1.07
R9	3	3	4	1	4	3	3	3	0.86

Sigue en la página siguiente.

Reactivos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Vi
R10	3	4	4	1	4	3	3	3	0.98
R11	3	4	4	1	4	3	3	3	0.98
R12	4	3	4	2	4	3	3	4	0.55
R13	4	4	4	1	4	2	3	4	1.36
R14	3	4	4	2	4	3	3	4	0.55
R15	4	4	4	2	4	3	3	4	0.57
R16	3	3	4	1	4	2	3	4	1.14
R17	3	3	4	3	4	2	3	4	0.50
R18	3	3	3	3	4	3	3	4	0.21
R19	3	4	3	3	4	3	1	4	0.98
R20	3	4	3	2	4	3	3	3	0.41
R21	4	3	4	2	4	3	3	3	0.50
R22	4	3	3	3	4	3	3	4	0.27
R23	2	3	4	2	3	2	3	2	0.55
R24	2	3	3	2	4	1	3	3	0.84
R25	2	4	4	3	3	4	3	3	0.50
R26	2	4	4	3	4	3	3	4	0.55
R27	2	3	1	3	4	3	4	3	0.98
R28	2	3	4	2	4	4	4	3	0.79
R29	3	3	3	2	4	3	4	3	0.41
R30	2	4	3	3	4	3	4	3	0.50
R31	2	4	3	1	4	3	4	4	1.27
R32	3	4	3	3	4	4	4	4	0.27
R33	3	3	3	2	3	4	4	2	0.57
R34	4	4	3	3	4	4	4	3	0.27
R35	3	3	3	2	3	3	4	4	0.41
R36	3	2	3	1	3	3	4	3	0.79
R37	2	4	1	1	4	4	3	2	1.70

Sigue en la página siguiente.

Reactivos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Vi
R38	2	4	2	2	3	4	3	2	0.79
R39	2	3	2	2	4	4	3	4	0.86
R40	2	3	2	3	4	4	4	3	0.70
R41	2	3	2	2	4	3	4	3	0.70
R42	2	3	3	2	4	3	4	3	0.57
R43	2	4	3	2	4	3	4	3	0.70
R44	2	3	3	3	4	2	4	3	0.57
R45	2	2	3	2	4	2	4	3	0.79
R46	2	4	2	2	4	4	3	3	0.86
R47	2	3	2	2	4	4	3	3	0.70
R48	2	3	2	2	4	1	3	3	0.86
R49	2	4	2	2	4	4	3	3	0.86
R50	2	2	1	1	4	3	3	4	1.43
R51	2	3	1	1	4	1	3	3	1.36
R52	2	2	2	2	3	3	3	4	0.55
R53	2	2	1	4	4	3	3	4	1.27
R54	2	2	2	2	4	1	3	4	1.14
R55	2	2	1	1	4	1	3	3	1.27
R56	3	4	3	3	3	4	4	3	0.27
R57	2	4	3	1	4	4	4	3	1.27
R58	3	4	3	1	4	4	4	3	1.07
R59	2	3	3	2	4	4	3	3	0.57
R60	2	4	2	2	4	3	3	3	0.70
R61	2	4	2	1	4	2	3	3	1.13
R62	2	3	2	1	4	2	3	3	0.86
R63	2	4	2	1	4	3	3	3	1.07
R64	2	3	3	2	4	2	3	3	0.50
R65	2	4	2	1	4	1	3	3	1.43

Sigue en la página siguiente.

Reactivos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Vi
R66	2	3	3	1	4	2	3	4	1.07
R67	2	4	3	2	4	3	3	4	0.70
R68	1	3	3	1	4	1	4	3	1.71
R69	1	3	3	1	4	1	4	3	1.71
R70	1	3	2	1	3	1	4	3	1.36
R71	1	3	3	1	4	2	4	3	1.41
R72	2	3	3	3	2	4	2	3	0.50
R73	2	3	3	2	3	4	2	3	0.50
R74	3	3	3	3	1	2	2	3	0.57
R75	2	3	3	2	1	4	2	3	0.86
R76	2	4	3	3	4	3	3	3	0.41
R77	3	4	2	3	4	3	3	4	0.50
R78	3	4	2	3	4	4	2	4	0.79
R79	3	4	3	2	4	4	3	4	0.55
R80	3	4	3	3	4	4	3	4	0.29
R81	3	4	4	2	4	4	3	4	0.57
R82	3	4	4	2	4	3	3	3	0.50
R83	4	4	4	3	4	3	3	3	0.29
R84	3	4	4	2	4	4	2	3	0.79
R85	3	4	4	2	3	4	2	4	0.79
R86	2	3	2	1	4	2	1	3	1.07
R87	2	3	3	2	4	2	1	3	0.86
R88	3	4	3	2	4	3	2	4	0.70
R89	2	3	3	1	4	2	2	3	0.86
R90	2	3	2	1	3	3	1	3	0.79
R91	2	3	4	2	4	2	3	4	0.86
R92	1	3	4	1	4	1	3	4	1.98
R93	2	4	3	1	4	3	4	4	1.27

Sigue en la página siguiente.

Reactivos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Vi
R94	2	3	4	1	4	4	3	3	1.14
R95	2	3	4	1	4	4	3	3	1.14
R96	2	2	4	2	3	3	3	3	0.50
R97	2	2	4	2	4	4	3	3	0.86
R98	1	3	3	2	3	2	3	3	0.57
R99	2	2	3	2	4	3	3	3	0.50
R100	2	3	4	2	3	3	3	4	0.57
R101	2	3	3	2	4	3	3	4	0.57
R102	1	4	3	1	3	2	4	2	1.43
R103	2	3	2	2	4	3	4	3	0.70
R104	2	4	2	2	4	3	4	4	0.98
R105	2	3	3	1	4	3	4	4	1.14
R106	2	4	3	1	4	2	4	4	1.43
R107	2	4	3	2	3	2	4	4	0.86
R108	3	3	2	2	4	3	4	4	0.70
R109	2	3	2	1	4	3	4	4	1.27
R110	2	3	3	2	4	3	3	3	0.41
R111	2	4	3	1	4	2	4	3	1.27
R112	2	4	2	1	4	3	4	3	1.27
R113	3	4	3	1	4	2	3	3	0.98
R114	3	4	3	2	4	3	3	4	0.50
R115	4	3	2	2	4	2	3	3	0.70
R116	4	4	3	1	4	3	3	3	0.98
R117	3	4	2	1	4	3	3	3	0.98
R118	2	4	4	3	4	3	4	4	0.57
R119	3	3	4	1	4	3	4	4	1.07
R120	3	4	4	2	4	2	4	4	0.84
R121	2	4	4	2	4	1	4	4	1.55

Sigue en la página siguiente.

Reactivos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Vi
R122	2	4	4	2	4	2	3	3	0.86
R123	2	4	3	1	4	1	3	3	1.41
R124	2	3	4	2	4	2	3	3	0.70
R125	2	4	3	1	4	2	3	3	1.07
R126	3	3	3	2	4	4	3	3	0.41
R127	2	4	2	1	4	1	3	3	1.43
R128	2	4	3	1	4	1	3	3	1.41
R129	2	4	3	2	4	2	4	4	0.98
R130	2	3	3	1	4	2	3	3	0.84
R131	2	4	4	1	4	4	3	3	1.27
R132	2	3	1	1	4	4	4	3	1.64
R133	3	2	3	2	4	2	3	4	0.70
R134	3	3	4	2	4	1	3	4	1.14
R135	3	4	2	1	3	3	3	3	0.79
R136	1	2	4	2	4	4	3	3	1.27
R137	2	4	2	1	4	1	4	3	1.70
R138	3	3	3	2	4	3	4	3	0.41
R139	3	3	3	2	4	1	3	4	0.98
R140	3	3	2	1	4	1	3	4	1.41
R141	2	4	3	2	4	3	3	3	0.57
R142	2	4	3	1	4	3	3	4	1.14
R143	2	4	4	2	4	2	3	3	0.86
R144	2	4	3	1	4	1	3	2	1.43
R145	3	4	4	1	4	3	4	2	1.27
R146	2	3	1	1	4	3	4	3	1.41
									127.30
Total	349	495	432	261	558	397	465	482	8678.98

Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE D

NIVELES INDUSTRIA 4.0

Con el fin de disponer información que ayude a la identificación de los niveles de industria 4.0 se describen a específicamente las características de los reactivos.

Se ha dividido para cada nivel, de tal forma que se comprenda el contexto en el que evalúa a la organización.

A continuación se presenta un resumen de los niveles:

- **Nivel I:** Administración tradicional.
- **Nivel II:** Equipo, herramientas y tecnologías, modelo de negocio integral.
- **Nivel III:** Integra operaciones, alinea su cadena de suministro a la demanda, modelo de negocio basado en tecnologías.
- **Nivel IV:** Visión integral de su cadena de valor, modelo de negocio disruptivo.

En seguida se presenta las especificaciones de los reactivos por nivel.

Nivel de industria 4.0							
		I	II	III	IV		
Evaluación de industria 4.0	Integración vertical	Humano	Integración humana	Enfoque de comunicación tradicional.	de Sistemas de comunicación bajo colaboración.	Comunicación efectiva por medios electrónicos.	Integración total por medio de dispositivos y equipos interconectados.
			Personal administrativo	Interacción por medio de canales aislados.	Personal con bases y herramientas informáticas.	Personal con sólida formación tecnológica.	Expertiz en manejo de software especializado y datos.
			Personal operativo	Capacidad manual de operación.	Operaciones con requerimientos tecnológicos.	Capacidad de uso de herramientas tecnológicas.	Alta capacidad de análisis tecnológico en operación.
	Organización		Desarrollo e inetrrelaciones	Capacidades de aprendizaje natas.	Cooperación en aprendizaje enseñanza.	Red de colaboración y integral interna.	Red de colaboración basada en plataformas.
			Administración de la información	Información interna limitada por departamento.	Información entre departamentos con flujo eficiente.	Información conectada por medios electrónicos.	Información suministrada por plataformas autónomas, algoritomos e inteligencia artificial.
	Procesos	Equipo	Interacción ciber-física	Interacción nula, máquinas-información.	Conexión de datos por medio de medios limitados de red.	Interacción y generación de datos e información.	Interacción autónoma y visualización en tiempo real.
			Desarrollo de operaciones	Operaciones manuales y mecánicas.	Operaciones sistematizadas y semiautomáticas.	Automatización y eficiente generación de datos.	Automatización y autonomía de procesos e información.
			Lean manufacturing	Implementación básica y de orden operacional.	Implementación de sistemas automatizados.	Automatización de técnicas lean .	Autonomía, seguimiento y control de técnicas lean.
	Producto		Implementación de core tools	Básicos de operación y seguimiento.	Datos de implementación completa y disminución de errores.	Administración y seguimiento en alertas internos y externos y plantillas y software especializado.	Autonomía, emisión de seguimiento operacional.
			Investigación y desarrollo	Limitada.	Apropiada	Investigación y pruebas especializadas.	y Tecnología y desarrollo interconectado con centros especializados.
		Tecnología	Limitada.	De uso y seguimiento.	y De uso, interacción y análisis.	De generación de información, autonomía y gestión en tiempo real.	
	Sustentabilidad	Considerada	De aplicación en el producto y empaque.	Seguimiento en la compañía y generación de residuos.	De tecnología en uso de la nuevos materiales.		

Evaluación de industria 4.0	Integración horizontal	Abastecimiento	Administración de relaciones	Administración tradicional.	De enfoque cooperativo.	Bajo cooperación y respuesta de incidencias en red.	Flujo bajo sistemas de integración y tecnologías.
			Flujo de información	Información brindada si es requerida.	Información EDI.	Flujo en plataformas y revisiones periódicas.	En tiempo real y autogeneración de reportes.
			Evaluación de proveedores	Tradicional, estándar.	De enfoque en áreas específicas.	Especializada e integral.	Especializada, autónoma, con generación de algoritmos de decisión.
			Decisiones integrales	Decisión conveniencia.	a Decisiones en esquemas de colaboración.	Decisiones colaborativas en plataformas establecidas.	Decisiones de resiliencia en alto bajo sistemas de información sofisticados.
		Planeación y administración	Simulación	Nula.	Limitada, de pequeños sistemas.	De utilización virtual y matemática.	Herramientas tecnológicas de visibilidad de ejecución.
			Administración	Tradicional.	Colaborativa tecnológica.	y Eficiente, en red e integradora.	Plataformas, software integrador y seguimiento eficiente.
			Programación	Tradicional.	Software básico.	Matemática y software de solución.	Matemática y de gestión de datos en inteligencia artificial.
		Administración de servicio al cliente	Administración de las ordenes	Tradicional.	De colocación estándar.	Medios electrónicos y uso de redes de conexión.	Plataformas sistematizadas, interconectadas, visualización de seguimiento.
			Administración de inventarios	Inventario tradicional.	Especialización y análisis de demanda.	y Especialización de segmentación materiales software.	y Autonomía de seguimiento de inventario en plataformas de gestión en tiempo real y autonomía.
			Administración de almacenes	Almacenaje tradicional.	Almacenaje especializado.	Almacenaje automatizado.	Inteligente, autónomo, autodirigido y generación de reportes fiables, seguro.
			Administración de materiales	Manejo tradicional.	Principios de manejo y análisis de movimientos y ubicación.	Generación de algoritmos inteligentes acomodo.	de Inteligencia de administración de materiales, generación de información veraz confiable y disponible.
			Administración de transporte	Administración tradicional.	Administración eficiente de seguimiento.	Tecnologías de información seguimiento ubicación y análisis.	de Seguimiento en tiempo real, y seguimiento de información de y autogeneración de reportes gestión de eventos.
			Servicio al cliente	Servicio tradicional.	Seguimiento electrónico.	Administración con sistemas de información eficientes.	Servicio especializado con disposición plataformas y seguimiento.

APÉNDICE E

RESUMEN EJECUTIVO

A continuación se presenta el resumen ejecutivo de la aplicación de la metodología propuesta, contiene las fases diseñadas y un análisis detallado del caso.

Ha sido diseñado de tal forma que sea de fácil comprensión y apoye a la toma de decisiones en la administración de tecnologías y recursos.

Las características del caso de estudio son las siguientes, se trata de una empresa del sector automotriz de proveeduría global, líder de soluciones de transmisión, movilidad, frenado y posventa para vehículos comerciales e industriales, en el estado de Nuevo León.

La organización ha sido evaluada en los focos establecidos en la investigación en la que participan clientes, organización, y operaciones, obteniendo resultados en industria 4.0.

Contiene información abstracta del suministro del instrumento de medición, presentación de propuestas por áreas deficientes y el análisis genérico del Modelo Canvas.

Sistemas de integración vertical y horizontal en el marco de industria 4.0: Evaluación y desarrollo																		
Datos Generales																		
Tipo de evaluación			Diagnóstico		x		Responsable											
			Seguimiento				Magdiel Pérez Lara											
Evaluadores			Nombre de la organización: <i>Caso de estudio (Confidencial)</i>															
Puesto			Cantidad		Tamaño de la organización Personas- Ingresos			Tipo de organización:										
Ocupado:			Cliente	1	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Manufatura	x								
			Proveedor	1					Tecnologías									
			Operativo	3					Servicios									
			Directivo	1														
Resultados de diagnóstico																		
Evaluación de sistemas																		
Integración vertical			55%		72%		Integración horizontal			58%		74%						
			Dif							Dif.								
Humano			54%		71%		18%		Abastecimiento			61%		73%				
Integración humana			73%		81%		8%		Administración de las relaciones			9%		63%		71%		
Personal administrativo			48%		65%		17%		Flujo de información			16%		57%		73%		
Personal operativo			42%		69%		28%		Evaluación de proveedores			9%		69%		78%		
Organización			63%		73%				Decisiones integrales			17%		55%		72%		
Desarrollo e interrelaciones			66%		74%		9%		Planeación y administración			58%		74%				
Administración de la información			59%		71%		11%		Administración			17%		60%		77%		
Equipo									Programación			11%		66%		76%		
Interacción ciber-física			49%		72%		23%		Simulación			22%		48%		70%		
Procesos			57%		76%				Servicio al cliente			54%		69%				
Desarrollo de operaciones			49%		72%		23%		Administración de las ordenes			9%		71%		80%		
Lean Manufacturing			54%		75%		22%		Administración de inventarios			19%		53%		71%		
Implementación de Core Tools			70%		82%		12%		Administración de almacenes			25%		44%		69%		
Producto			46%		69%				Administración de materiales			31%		28%		59%		
Investigación y desarrollo			47%		71%		24%		Administración del transporte			-14%		75%		61%		
Tecnología			44%		68%		25%		Servicio al cliente			19%		54%		73%		
Sustentabilidad			47%		69%		22%											
Herramientas 4.0			52%		71%													
Big data y análisis			58%		73%		Fabricación 3D		53%		72%							
Robots autónomos			59%		74%		Realidad aumentada		25%		60%							
Simulación			53%		72%		La nube		56%		73%							
Sistemas de integración			57%		74%		Materiales avanzados		47%		69%							
Internet industrial de las cosas			56%		73%		Realidad virtual		55%		72%							
Ciberseguridad			56%		73%													

Percepción suavizada (interno , externo)

Percepción externa

Diferencia

* La percepción externa se excluye de procesos internos

Sistemas de integración vertical y horizontal en el marco de industria 4.0: Evaluación y desarrollo

Abstracto de diagnóstico

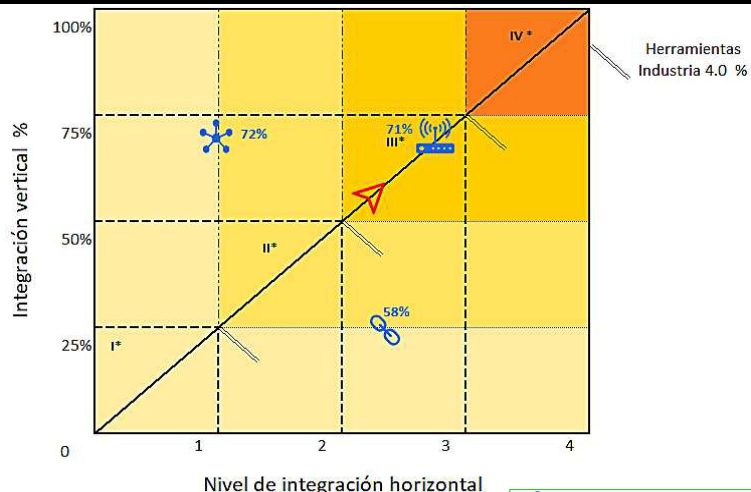
Nota

Para la determinación de los niveles alcanzados se ha usado información resultante del diagnóstico, en la cual para integración vertical y herramientas 4.0 se han usado datos de percepción suavizada y para la integración horizontal solo datos externos.

Nivel obtenido

Iniciando nivel profesional

Profesional: Es profesional en la administración de sus recursos y de su cadena de valor, integra sus operaciones y alinea su cadena de suministro a la demanda, responde eficazmente a los eventos inesperados y las tecnologías forman parte de su modelo de negocio.



Descripción

El gráfico muestra el nivel obtenido de industria 4.0.

El mayor nivel ha sido obtenido de forma interna.

El menor nivel pertenece a la integración horizontal.

- Integración vertical
- Integración horizontal
- Herramientas I4.0
- Nivel 4.0 alcanzado

Análisis de propuestas

Descripción

De acuerdo al nivel alcanzado con la puntuación mínima de 58% en la integración horizontal y la puntuación máxima de 72% esto se considera el rango de acción o áreas de oportunidad, si existen criterios menores a 58% se pueden considerar críticos para mantener el nivel, y las diferencias a un rango mayor a 20% deben considerarse como áreas notables por la criticidad de percepción externa.

Enfoque de las propuestas

Críticas	de Oportunidad	Notables
<p>Flujo de información</p> <p>Decisiones integrales</p> <p>Simulación</p> <p>Administración de inventarios</p> <p>Administración de almacenes</p> <p>Administración de materiales</p> <p>Servicio al cliente</p>	<p>Capital humano</p> <p>Producto</p> <p>Herramientas 4.0</p> <p>Abastecimiento</p> <p>Planeación y administración</p> <p>Servicio al cliente</p> <p><small>* Negrita: Por la cantidad mayor se ha usado promedio de los grupos de criterios.</small></p>	<p>Personal operativo</p> <p>Interacción ciberfísica</p> <p>Desarrollo de operaciones</p> <p>Lean manufacturing</p> <p>Producto</p> <p>Simulación</p> <p>Administración de almacenes</p> <p>Administración de materiales</p>

Sistemas de integración vertical y horizontal en el marco de industria 4.0: Evaluación y desarrollo

Propuestas				
Objetivo	Las propuestas que se dictan a continuación, tienen la finalidad de consolidar el nivel de industria 4.0 alcanzado por la empresa, desarrollando áreas de oportunidad y mejora que contribuyan al flujo de información e integración de los procesos y además impacten de manera positiva. las propuestas establecidas deben someterse a evaluación por los directivos para aprobaciones ó declinaciones, con el fin de elegir las opciones de acuerdo a la visión de la empresa.			
Propuestas conforme criterios y reactivos contenidos.		Resultado de diagnóstico.		
De capacitación básica (Nivel 1) De capacitación enfocada (Nivel 2) De capacitación e inversión en sistemas y tecnología. (Nivel 3) De capacitación e inversión en tecnología e infraestructura ciberfísica. (Nivel 4)		Los resultados obtenidos en el diagnóstico se refieren a que la empresa se encuentra principiando el Nivel 3 de industria 4.0, por lo que corresponde consolidar este nivel y fortalecer deficiencias, respondiendo al enfoque de las propuestas. En esta consideración corresponde <i>Capacitación en inversión en sistemas y tecnología.</i>		
Evaluación de propuestas				
Socios Clave	Actividades Clave	Propuesta de Valor	Relaciones con los clientes	Clientes
* Vinculos con centros especializados en sistemas. * Centros especializados educativos. *Desarrolladores de tecnologías. * Proveedores de servicios, y equipo de sistemas.	* Capacitación. *Instalaciones de redes. Actualización de sistemas.	De capacitación e inversión en sistemas y tecnología. (Nivel 3). Debe tener el enfoque de cada criterio en análisis.	* Enfoque de servicio. * Seguimiento. * Mejor comunicación.	* Facilidad de acceso a información. * Flujo y sinergia en la administración de materiales. * Sincronización de entregas y recibos. * Agilidad en procesos.
	Recursos Clave		Canales de distribución	
	* Capital humano. * Tecnologías. * Inversiones.		Enfoque en canales directos, indirectos, e-commerce.	
Estructura de costos		Fuente de Ingresos		
* De capacitación. * De inversión en sistemas.		* Productos. *Servicios.		
Consideraciones de implementación				
En particular, cada diagnóstico y su seguimiento debe adaptarse a las estrategias de la organización, de forma que el seguimiento del proyecto esté estrechamente ligado con respuestas a la dirección. Se recomienda despues de implementar las estrategias diseñadas por la dirección evaluar el desempeño para continual con el desarrollo de los sistemas de integración horizontal y vertical.				

APÉNDICE F

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

F.1 PUBLICACIONES

A continuación se presenta un listado de la difusión de resultados obtenidos en el proceso de investigación derivados del proyecto de tesis.

F.1.1 ARTÍCULOS CON ARBITRAJE

- «Industry 4 . 0 framework for management and operations : a review» J. A. Saucedo-Martínez, M. Pérez-Lara, J. A. Marmolejo-Saucedo, T. E. Salais-Fierro y P. Vasant. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, págs. 1-13, 2017. Recursos electrónicos <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0533-1>

F.1.2 MEMORIAS EN CONGRESO

- «Caracterización de modelo de negocio en el marco de industria 4.0» M. Pérez-Lara, J. A. Saucedo-Martínez, T. E. Salais-Fierro, J. A. Marmolejo-Saucedo,

Memorias del Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro (CiLOG2017). Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Sonora, Sonora México. 4-6 Octubre 2017.

F.1.3 PRESENTACIONES

- «Caracterización de modelo de negocio en el marco de industria 4.0» Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro (CiLOG2017). Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Sonora, Sonora México. 4-6 Octubre 2017.
- «Desarrollo tecnológico y organizacional» Seminario en Logística y Cadena de Suministro. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Nuevo León, México. Septiembre 2017.
- «Industria 4.0» XIX Verano de Investigación Científica y Tecnológica de la UANL (PROVERICYT-UANL). Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Nuevo León, México. Julio 2017.
- «Logística inteligente: Operaciones con enfoque en industria 4.0» Seminario en Logística y Cadena de Suministro. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Nuevo León, México. Julio 2016.
- «Retos en la cadena de suministro» XVIII Verano de Investigación Científica y Tecnológica de la UANL (PROVERICYT-UANL). Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Nuevo León, México. Julio 2016.

BIBLIOGRAFÍA

- ABEELE, F. V. D., J. HOEBEKE, I. MOERMAN y P. DEMEESTER (2015), «Integration of heterogeneous devices and communication models via the cloud in the constrained Internet of Things», *International Journal of Distributed Sensor Networks*, **2015**, pág. 1.
- ACTINVER, A. E. S. D. L. A. P. E. M. (2015), «Análisis Actinver Estudios Sectoriales y Regionales», , pág. 29.
- ALBERS, A., B. GLADYSZ, T. PINNER, V. BUTENKO y T. STÜRMLINGER (2016), «Procedure for Defining the System of Objectives in the Initial Phase of an Industry 4.0 Project Focusing on Intelligent Quality Control Systems», *Procedia CIRP*, **52**, págs. 262–267.
- ANDERL, R. (2014a), «Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production Abstract :», *Technological Innovations in the Product Development*, (19th International Seminar on High Technology), págs. 1–14.
- ANDERL, R. (2014b), «Industrie 4.0-advanced engineering of smart products and smart production», en *19th International Seminar on High Technology, Technological Innovations in the Product Development, Piracicaba, Brazil*, págs. 1–14.
- BAGHERI, B., S. YANG, H.-A. KAO y J. LEE (2015a), «Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment», *IFAC-PapersOnLine*, **48**(3), págs. 1622–1627.

- BAGHERI, B., S. YANG, H.-A. KAO y J. LEE (2015b), «Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment», *IFAC-PapersOnLine*, **48**, págs. 1622–1627.
- BAGHERI, B., S. YANG, H. A. KAO y J. LEE (2015c), «Cyber-physical systems architecture for self-aware machines in industry 4.0 environment», *IFAC-PapersOnLine*, **28**(3), págs. 1622–1627, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.318>.
- BALLOU, R. H. (2004), *Business logistics-supply chain management planning, organizing, and controlling the supply chain*, quinta edición, Pearson Prentice Hall, México, DF.
- BLANCHARD, E. J. y W. W. OLNEY (2017), «Globalization and human capital investment : Export composition drives educational attainment », *Journal of International Economics*, **106**, págs. 165–183, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinteco.2017.03.004>.
- BOGERS, M., R. HADAR y A. BILBERG (2016), «Additive manufacturing for consumer-centric business models: Implications for supply chains in consumer goods manufacturing», *Technological Forecasting and Social Change*, **102**, págs. 225–239.
- BOTTHOF, A. (2015), «Zukunft der Arbeit im Kontext von Autonomik und Industrie 4.0», en *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*, Springer, págs. 3–8.
- BRAD, S., M. MURAR y E. BRAD (2016), «Methodology for Lean Design of Disruptive Innovations», *Procedia CIRP*, **50**, págs. 153–159.
- BRETSCHER, L., C. JULLIARD y C. ROSA (2016), «Human capital and international portfolio diversification: A reappraisal», *Journal of International Economics*, **99**, págs. S78–S96, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinteco.2015.12.007>.
- BRETTEL, M., F. G. FISCHER, D. BENDIG, A. R. WEBER y B. WOLFF (2016a),

- «Enablers for Self-optimizing Production Systems in the Context of Industrie 4.0», *Procedia CIRP*, **41**, págs. 93–98.
- BRETTEL, M., M. KLEIN y N. FRIEDERICHSEN (2016b), «The Relevance of Manufacturing Flexibility in the Context of Industrie 4.0», *Procedia CIRP*, **41**, págs. 105–110.
- BÜCKER, I., M. HERMANN, T. PENTEK y B. OTTO (2016), «Towards a Methodology for Industrie 4 . 0 Transformation», *Springer International Publishing Switzerland 2016*, **1**, págs. 209–221.
- CASTRO, F. (2009), «Industria Automotriz», *Metal Actual*, págs. 14–19.
- CHASE, R. B., F. R. JACOBS y N. J. AQUILANO (), *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministro*.
- CHEN, F., P. DENG, J. WAN, D. ZHANG, A. V. VASILAKOS y X. RONG (2015), «Data mining for the internet of things: literature review and challenges», *International Journal of Distributed Sensor Networks*, **2015**, pág. 12.
- ČIUTIENĖ, R. y R. RAILAITĖ (2015), «A Development of Human Capital in the Context of an Aging Population», *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, **213**, págs. 753–757, URL [http://ac.els-cdn.com.ezaccess.library.uitm.edu.my/S1877042815058188/1-s2.0-S1877042815058188-main.pdf?{_}tid=4615523e-ba30-11e6-bce7-00000aab0f26{&}acdnat=1480862897{\[_\]}58ea1d0d14cc18bf27e2b9fb45cba853](http://ac.els-cdn.com.ezaccess.library.uitm.edu.my/S1877042815058188/1-s2.0-S1877042815058188-main.pdf?{_}tid=4615523e-ba30-11e6-bce7-00000aab0f26{&}acdnat=1480862897{[_]}58ea1d0d14cc18bf27e2b9fb45cba853).
- COMPETITIVIDAD (2016), «HADA – Herramienta de Autodiagnóstico Digital Avanzada», *Gobierno de España*, URL https://hada.industriaconectada40.gob.es/es/register/0ff89de99d4a8f4b04cb162bcb5740cf/industria_conectada_40/.
- CONSULT (2015), «Industry 4.0 Readiness Online Self-Check for Businesses», *IMPULS Foundation of the German Engineering Federation (VDMA)*, URL <https://www.industrie40-readiness.de/?lang=en>.

- COOPER, M. C., D. M. LAMBERT y J. D. PAGH (1997), «"Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics», *The International Journal of Logistics Management*, **8**(1), págs. 1–14.
- CSCMP (2013), «Definition of Logistics Management», available online at <https://cscmp.org/supply-chain-management-definitions>.
- DACHIN, A. y F.-C. BURCEA (2014), «Evaluations of Driving Effects of the Automotive Industry in the Romanian Economy – A Quantitative Analysis», *Procedia Economics and Finance*, **10**(14), págs. 207–216, URL [http://dx.doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00295-0](http://dx.doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00295-0).
- DARA, M. (2013), «Value Networks and Business Models: Formulating and Demonstrating a Methodology for the Development of Value Networks and Alignment of Business Models Based on Design Science Research Methodology», , pág. 83 URL http://essay.utwente.nl/63024/1/Thesis_{_}report_{_}Maher_{_}Dara_{_}final.pdf.
- DAVIS, J., T. EDGAR, J. PORTER, J. BERNADEN y M. SARLI (2012), «Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance», *Computers & Chemical Engineering*, **47**, págs. 145–156.
- DECKER, C., M. BERCHTOLD, L. W. F. CHAVES, M. BEIGL, D. ROEHR, T. RIEDEL, M. BEUSTER, T. HERZOG y D. HERZIG (2008), «Cost-benefit model for smart items in the supply chain», en *The Internet of Things*, Springer, págs. 155–172.
- DIAZ-FERNANDEZ, M., S. PASAMAR-REYES y R. VALLE-CABRERA (2015), «Human capital and human resource management to achieve ambidextrous learning: A structural perspective», *BRQ Business Research Quarterly*, **20**(1), págs. 63–77, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.brq.2016.03.002>.
- DOMBROWSKI, U. y T. WAGNER (2014), «Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution», *Procedia CIRP*, **17**, págs. 100–105.

- ELO, S., M. KÄÄRIÄINEN, O. KANSTE, T. PÖLKKI, K. UTRIAINEN y H. KYNGÄS (2014), «Qualitative content analysis», *Sage Open*, **4**(1), págs. 1–10.
- ESMAEILIAN, B., S. BEHDAD y B. WANG (2016), «The evolution and future of manufacturing: A review», *Journal of Manufacturing Systems*, **39**, págs. 79–100.
- FALLER, C. y D. FELDMÜLLER (2015), «Industry 4 . 0 Learning Factory for regional SMEs», *Procedia CIRP*, **32**(Clf), págs. 88–91, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.117>.
- FALLER, C. y D. FELDMULLER (2015), «Industry 4.0 learning factory for regional SMEs», en *Published Proceedings from 5th Conference on Learning Factories*, tomo 32, págs. 88–91.
- FEDOROV, A., E. GOLOSCHCHAPOV, O. IPATOV, V. POTEKHIN, V. SHKODYREV y S. ZOBIN (2015), «Aspects of Smart Manufacturing Via Agent-based Approach», *Procedia Engineering*, **100**, págs. 1572–1581.
- FELICIO, J. A., E. COUTO y J. CAIADO (2014), «Human Capital, Social Capital and Organizational Performance», *Management Decision*, **52**(2), págs. 350–364, URL <http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?issn=0025-1747&volume=52&issue=2&articleid=17104279&show=html>.
- FERRIOLS, F. J., J. MULA y M. DÍAZ-MADRO (2013), *Supply chain management as the company engine in automotive manufacturing*, tomo 46, IFAC, URL <http://dx.doi.org/10.3182/20130619-3-RU-3018.00614>.
- FH-OBERÖSTERREICH (2015), «Fitness-Check für industrie 4.0 Entwickelt», *FH - Oberösterreich*, URL <https://www.fh-ooe.at/facebook/fitness-check-fuer-industrie-40-entwickelt/>.
- FIELT, E. (2014), «Conceptualising business models: Definitions, frameworks and classifications», *Journal of Business Models*, **1**(1), págs. 85–105.

- FOIDL, H. y M. FELDERER (2016), «Research Challenges of Industry 4.0 for Quality Management», en *Innovations in Enterprise Information Systems Management and Engineering*, Springer, págs. 121–137.
- FORSTNER, L. y M. DÜMLER (2014), «Integrierte Wertschöpfungsnetzwerke – Chancen und Potenziale durch Industrie 4.0», , págs. 199–201.
- GABRIEL, M. y E. PESSL (2016), «Industry 4.0 and sustainability impacts: critical discussion of sustainability aspects with a special focus on future work and ecological consequences», *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, **14**(2), pág. 131.
- GAO, H., Y. PENG, K. JIA, Z. WEN y H. LI (2015), «Cyber-Physical Systems Testbed Based on Cloud Computing and Software Defined Network», en *2015 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP)*, IEEE, págs. 337–340.
- GILCHRIST, A. (2016a), «Introducing Industry 4.0», en *Industry 4.0*, Springer, págs. 195–215.
- GILCHRIST, A. (2016b), «Middleware Industrial Internet of Things Platforms», en *Industry 4.0*, Springer, págs. 153–160.
- GIRET, A., E. GARCIA y V. BOTTI (2016), «An engineering framework for Service-Oriented Intelligent Manufacturing Systems», *Computers in Industry*, **81**, págs. 116–127.
- GONZÁLEZ ALONSO, J. A. y M. PAZMIÑO SANTACRUZ (2015), «Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert», *Revista Publicando*, **2**(February), págs. 62–77.
- GURCAYLILAR-YENIDOGAN, T. y J. WINDSPERGER (2014), «Inter-organizational Performance in the Automotive Supply Networks: The Role of Environmental Uncertainty, Specific Investments and Formal Contracts», *Procedia - Social and*

- Behavioral Sciences*, **150**, págs. 813–822, URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042814051398>.
- HEIZER, J. y B. RENDER (2009), *Principios de Administración de Operaciones*, 7ª edición, PEARSON EDUCACIÓN, México.
- HERMANN, M., T. PENTEK y B. OTTO (2016), «Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios», en *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, IEEE, págs. 3928–3937.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., C. FERNÁNDEZ COLLADO y M. D. P. BAPTISTA LUCIO (2014), *Metodología de la investigación*, 6ª edición, McGraw-Hill, México.
- HOPPE, S. (2014), «Forerunner to industry 4.0 and the internet of things», en C. story (editor), *Control engineering, Management*, págs. 48–50.
- HOSSAIN, M. S., J. A. GONZALEZ, R. M. HERNANDEZ, M. A. I. SHUVO, J. MIRELES, A. CHOUDHURI, Y. LIN y R. B. WICKER (2016), «Fabrication of smart parts using powder bed fusion additive manufacturing technology», *Additive Manufacturing*, **10**, págs. 58–66.
- IVANOV, D., A. DOLGUI, B. SOKOLOV y M. IVANOVA (2016a), «Disruptions in supply chains and recovery policies: state-of-the art review», *IFAC-PapersOnLine*, **49**(12), págs. 1436–1441, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.773>.
- IVANOV, D., B. SOKOLOV y M. IVANOVA (2016b), «Schedule coordination in cyber-physical supply networks Industry 4.0», *IFAC-PapersOnLine*, **49**(12), págs. 839–844.
- IWAMOTO, H. y M. TAKAHASHI (2015), «A Quantitative Approach to Human Capital Management», *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, **172**, págs. 112–119, URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815003808>.

- JI, C., Q. SHAO, J. SUN, S. LIU, L. PAN, L. WU y C. YANG (2016), «Device Data Ingestion for Industrial Big Data Platforms with a Case Study», *Sensors*, **16**(3), pág. 279.
- JIMÉNEZ SÁNCHEZ, J. E. (2006), «Un análisis del sector automotriz y su modelo de gestión en el suministro de las autopartes», (288), pág. 88.
- JUAN-VERDEJO, A. y B. SURAJBALI (2016), «XaaS Multi-Cloud Marketplace Architecture Enacting the Industry 4.0 Concepts», en *Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems*, Springer, págs. 11–23.
- JUNG, K., K. MORRIS, K. W. LYONS, S. LEONG y H. CHO (2015), «Mapping strategic goals and operational performance metrics for smart manufacturing systems», *Procedia Computer Science*, **44**, págs. 184–193.
- KAGERMANN, H. (2015), «Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0», en *Management of Permanent Change*, Springer, págs. 23–45.
- KANG, H. S., J. Y. LEE, S. CHOI, H. KIM, J. H. PARK, J. Y. SON, B. H. KIM y S. DO NOH (2016a), «Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions», *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, **3**(1), págs. 111–128.
- KANG, H. S., J. Y. LEE, S. CHOI, H. KIM, J. H. PARK, J. Y. SON, B. H. KIM y S. D. NOH (2016b), «Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions», *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, **3**(1), págs. 111–128.
- KANS, M. y A. INGWALD (2016a), «Business Model Development Towards Service Management 4.0», *Procedia CIRP*, **47**, págs. 489–494.
- KANS, M. y A. INGWALD (2016b), «Business Model Development Towards Service Management 4.0», *Procedia CIRP*, **47**, págs. 489–494, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.228>.

- KAPOOR, M. (2014), «Redefining Progress and Ushering in the Fourth Revolution», *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **133**, págs. 203–210.
- KLEMP, E. y J. POTTEBAUM (2015), «Additive Fertigungsverfahren im Kontext von Industrie 4.0», , págs. 1–21.
- KOLBERG, D. y D. ZÜHLKE (2015), «Lean automation enabled by industry 4.0 technologies», *IFAC-PapersOnLine*, **48**(3), págs. 1870–1875.
- KRAJEWSKI, L., L. RITZMAN y M. MALHOTRA (2008), *Administración de Operaciones Procesos y Cadenas de Valor*, 8ª edición, Pearson educación, México.
- LAGHARI, S. y M. A. NIAZI (2016), «Modeling the Internet of Things, Self-Organizing and Other Complex Adaptive Communication Networks: A Cognitive Agent-Based Computing Approach», *PloS one*, **11**(1), págs. 1–25.
- LANZA, G., P. NYHUIS, S. M. ANSARI, T. KUPRAT y C. LIEBRECHT (2016), «Empowered and Implementation Strategy for Industry 4.0», *Befähigungs- und Einführungsstrategien für Industrie 4.0*.
- LASI, H., P. FETTKE, H. G. KEMPER, T. FELD y M. HOFFMANN (2014), «Industry 4.0», *Business and Information Systems Engineering*, **6**(4), págs. 239–242.
- LEE, J. (2015a), «Smart Factory Systems», *Informatik-Spektrum*, **38**(3), págs. 230–235.
- LEE, J. (2015b), «Smart Factory Systems», *Informatik-Spektrum*, **38**(3), págs. 230–235.
- LEE, J., B. BAGHERI y H.-A. KAO (2015), «A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems», *Manufacturing Letters*, **3**, págs. 18–23.
- LEE, J., H.-A. KAO y S. YANG (2014), «Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment», *Procedia CIRP*, **16**, págs. 3–8.

- LEON, N. (2016), «Manufacturing Heads North The industry booms in Nuevo Leon.», *Mexico Matters*, **1**, págs. 1–2.
- LI, D. (2016a), «Perspective for smart factory in petrochemical industry», *Computers & Chemical Engineering*.
- LI, D. (2016b), «Perspective for smart factory in petrochemical industry», *Computers and Chemical Engineering*, **91**, págs. 136–148, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.03.006>.
- LIEPĒ, Ž. y A. SAKALAS (2014), «Evaluation of Human Capital Role in the Value Creation Process», *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, **156**(April), págs. 78–82, URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814059436>.
- LONG, F., P. ZEILER y B. BERTSCHE (2016), «Modelling the production systems in industry 4.0 and their availability with high-level Petri nets», *IFAC-PapersOnLine*, **49**(12), págs. 145–150.
- LÓPEZ, A. T. y N. Y. PEDRAZA CORPUS (2017), «La Objetividad en las Pruebas Estandarizadas», *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, **10**(1), págs. 11–31.
- LTIFI, M. y J. GHARBI (2015), «The Effect of Logistics Performance in Retail Store on the Happiness and Satisfaction of Consumers», *Procedia Economics and Finance*, **23**, págs. 1347–1353.
- LU, X., Z. QU, Q. LI y P. HUI (2015), «Privacy information security classification for internet of things based on internet data», *International Journal of Distributed Sensor Networks*, **2015**, pág. 23.
- MAIER, M. A., J. J. KORBEL y A. BREM (2015), «Innovation in supply chains-solving the agency dilemma in supply networks by using industry 4.0 technologies», *International Journal of Communication Networks and Distributed Systems*, **15**(2-3), págs. 235–247.

- MATTIES, B. (2016), «Industry 4.0: Creating a standard», en *SMT Magazine*.
- MAZAK, A. y C. HUEMER (2015a), «A Standards Framework for Value Networks in the Context of Industry 4.0», , págs. 1342–1346.
- MAZAK, A. y C. HUEMER (2015b), «A standards framework for value networks in the context of Industry 4.0», en *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2015 IEEE International Conference on, IEEE, págs. 1342–1346.
- MEISSLER, D. (2014), «HP study reveals 70 percent of internet of things devices vulnerable to attack», *Retrieved June*, **30**, pág. 2015.
- MONCAYO-MARTÍNEZ, L. A., E. O. RESÉNDIZ-FLORES, D. MERCADO y C. SÁNCHEZ-RAMÍREZ (2014), «Placing safety stock in logistic networks under guaranteed-service time inventory models: An application to the automotive industry», *Journal of Applied Research and Technology*, **12**(3), págs. 538–550, URL [http://dx.doi.org/10.1016/S1665-6423\(14\)71633-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1665-6423(14)71633-5).
- MORENO, A., G. VELEZ, A. ARDANZA, I. BARANDIARAN, Á. R. DE INFANTE y R. CHOPITEA (2016), «Virtualisation process of a sheet metal punching machine within the Industry 4.0 vision», *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, págs. 1–9.
- MOSTERMAN, P. J. y J. ZANDER (2016), «Industry 4.0 as a cyber-physical system study», *Software & Systems Modeling*, **15**(1), págs. 17–29.
- NAGY, D., J. SCHUESSLER y A. DUBINSKY (2016), «Defining and identifying disruptive innovations», *Industrial Marketing Management*, **57**, págs. 119–126.
- NEELIAH, H. y B. SEETANAH (2016), «Does human capital contribute to economic growth in Mauritius?», *European Journal of Training and Development*, **40**(4), págs. 248–261, URL <http://search.proquest.com/docview/1826444926?accountid=10978{%}5Cnhttp://vu.on.worldcat.org/atoztitles/link?sid=ProQ:{&}issn=20469012{%}volume=40{%}issue=>

- 4{&}title=European+Journal+of+Training+and+Development{&}spage=248{&}date=2016-05-01{&}atitle=Does+human+capital+con.
- NEERAJA, B., M. MEHTA y A. CHANDANI (2014), «Supply chain and logistics for the present day business», *Procedia Economics and Finance*, **11**, págs. 665–675.
- NOWICKA, K. (2014a), «Smart city logistics on cloud computing model», *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **151**, págs. 266–281.
- NOWICKA, K. (2014b), «Smart City Logistics on Cloud Computing Model», *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, **151**, págs. 266–281, URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042814054676>.
- OJHA, D., J. SHOCKLEY y C. ACHARYA (2016), «Supply chain organizational infrastructure for promoting entrepreneurial emphasis and innovativeness: The role of trust and learning», *International Journal of Production Economics*, **179**, págs. 212–227, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.06.011>.
- ONKELINX, J., T. S. MANOLOVA y L. F. EDELMAN (2015), «The human factor: Investments in employee human capital, productivity, and SME internationalization», *Journal of International Management*, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.intman.2016.05.002>.
- OSTERWALDER, A. y Y. PIGNEUR (2010), *Business Model Generation*, Business and Design.
- PABLO-ROMERO, M. D. P. y A. SÁNCHEZ-BRAZA (2015), «Productive energy use and economic growth: Energy, physical and human capital relationships», *Energy Economics*, **49**, págs. 420–429, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2015.03.010>.
- PEÑA, A. Q. (2006), «Metodología de investigación científica cualitativa», *Psicología: Tópicos de actualidad*.
- PICKETT, L. (2016), «Smart manufacturing: A digital leap forward», en Quality (editor), *Management*, Management, págs. 36–39.

- PRAUSE, M. y J. WEIGAND (2016), «Industry 4 . 0 and Object-Oriented Development : Incremental and Architectural Change», **11**(2), págs. 104–111.
- PWC (2012), «Doing Business in Mexico Automotive Industry», (June), págs. 19–21.
- PWC (2016a), «The Industry 4.0 / Digital Operations Self Assessment», *PricewaterhouseCoopers*, URL <https://i40-self-assessment.pwc.de/i40/landing/>.
- PWC (2016b), «Industry 4.0: Building the digital enterprise: Industrial manufacturing key findings», *PricewaterhouseCoopers International Limited*, URL <http://www.pwc.com/gx/en/industries/industrial-manufacturing/publications/building-digital-enterprise.html>.
- QIN, J., Y. LIU y R. GROSVENOR (2016), «A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond», *Procedia CIRP*, **52**, págs. 173–178.
- RADZIWON, A., A. BILBERG, M. BOGERS y E. S. MADSEN (2014a), «The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions», *Procedia Engineering*, **69**, págs. 1184–1190.
- RADZIWON, A., A. BILBERG, M. BOGERS y E. S. MADSEN (2014b), «The smart factory: Exploring adaptive and flexible manufacturing solutions», *Procedia Engineering*, **69**, págs. 1184–1190, arXiv:1011.1669v3, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.108>.
- RENNUNG, F., C. T. LUMINOSU y A. DRAGHICI (2016), «Service Provision in the Framework of Industry 4.0», *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **221**, págs. 372–377.
- REPORT, A. (2016), «Mexico ’ s Regional Automotive Report 2016», *Global Business Reports*, **1**(Monterrey & Saltillo), págs. 1–8, URL www.gbreports.com.
- ROCKWELL-AUTOMATION (2014), «The Connected Enterprise Maturity Model», *Rockwell Automation*, URL http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/cie-wp002_-en-p.pdf.

- RUSHTON, A., P. CROUCHER y P. BAKER (2010), *The Handbook Of Logistics and Distribution Management*, cuarta edición, Kogan Page, Lóndon, United Kingdom.
- SAUCEDO-MARTÍNEZ, J. A., M. PÉREZ-LARA, J. A. MARMOLEJO-SAUCEDO, T. E. SALAIS-FIERRO y P. VASANT (2017), «Industry 4 . 0 framework for management and operations : a review», *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, págs. 1–13.
- SAURA, I. G., D. S. FRANCÉS y G. B. CONTRÍ (2008), «Logistics Service Quality: a New Way lo Loyalty.», *Emerald*, págs. 650–668.
- SCHLECHTENDAHL, J., M. KEINERT, F. KRETSCHMER, A. LECHLER y A. VERL (2015), «Making existing production systems Industry 4.0-ready», *Production Engineering*, **9**(1), págs. 143–148.
- SCHLOTT, S. (2013), «Industrie 4.0—Abschied von der Automatisierungspyramide», *ATZ-Automobiltechnische Zeitschrift*, **115**(4), págs. 306–307.
- SCHOLZ, S., T. MUELLER, M. PLASCH, H. LIMBECK, R. ADAMIETZ, T. ISERINGHAUSEN, D. KIMMIG, M. DICKERHOF y C. WOEGERER (2016), «A modular flexible scalable and reconfigurable system for manufacturing of Microsystems based on additive manufacturing and e-printing», *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, **40**, págs. 14–23.
- SCHUH, G., T. POTENTE, R. VARANDANI y T. SCHMITZ (2014a), «Global Footprint Design based on genetic algorithms—An “Industry 4.0” perspective», *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, **63**(1), págs. 433–436.
- SCHUH, G., T. POTENTE, C. WESCH-POTENTE, A. R. WEBER y J.-P. PROTE (2014b), «Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0», *Procedia CIRP*, **19**, págs. 51–56.
- SCHUMACHER, A., S. EROL y W. SIHN (2016), «A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises», *Procedia CIRP*, **52**, págs. 161–166.

- SCHUT, J. H. (2016), «Keeping up with smarter machines», en *Plastics engineering*, págs. 10–16.
- SELES, B. M. R. P., A. B. L. DE SOUSA JABBOUR, C. J. C. JABBOUR y R. M. DANGELICO (2016), «The green bullwhip effect, the diffusion of green supply chain practices, and institutional pressures: Evidence from the automotive sector», *International Journal of Production Economics*, **182**, págs. 342–355, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.08.033>.
- SENDER, R. y M. S. FLYNN (1998), «From Market to Commitment :», .
- SHAFIQ, S. I., C. SANIN, E. SZCZERBICKI y C. TORO (2015), «Virtual engineering object/virtual engineering process: a specialized form of cyber physical system for Industrie 4.0», *Procedia Computer Science*, **60**, págs. 1146–1155.
- SHERWIN, P. (2016), «Industry 4.0 + IOT = Smart industrial ovens & furnaces», en *Process instrumentation*, págs. 12–18.
- SILVA, R. S. y M. F. CARVALHO (2013), *Evaluation of Information Integration in Supply Chain: a Case Study of Automotive Sector*, tomo 46, IFAC, URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S147466701632167X>.
- SIMONIS, K., Y. GLOY y T. GRIES (2016), «INDUSTRIE 4.0-Automation in weft knitting technology», en *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1, IOP Publishing, págs. 01–10.
- SOKOLOV, B. y D. IVANOV (2015), «Integrated scheduling of material flows and information services in industry 4.0 supply networks», *IFAC-PapersOnLine*, **48**(3), págs. 1533–1538.
- SPROCK, T. y L. F. MCGINNIS (2015), «A Conceptual Model for Operational Control in Smart Manufacturing Systems», *IFAC-PapersOnLine*, **48**(3), págs. 1865–1869.

- STEVANOVIĆ, M., D. MARJANOVIĆ y M. ŠTORGA (2016), «Idea assessment and selection in product innovation—the empirical research results», *Tehnički vjesnik*, **23**(6), págs. 1707–1716.
- STEVENS, G. C. (2016), «Integrating the supply chain», *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, **46**(1), págs. 1–30.
- STOCK, T. y G. SELIGER (2016a), «Opportunities of sustainable manufacturing in Industry 4.0», *Procedia CIRP*, **40**, págs. 536–541.
- STOCK, T. y G. SELIGER (2016b), «Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0», *Procedia CIRP*, **40**(Icc), págs. 536–541.
- STOJKIĆ, V., I. VEVZA y I. BOVSNJAK (2016), «A Concept of information system implementation (CRM and ERP) within industry 4.0», *Intelligent manufacturing and automation*, págs. 912–919.
- SU, Y. C., L. ELENA y M. BARRERA (2014), «El desempeño del sector automotriz en México en la era tlcan . Un análisis a 20 años», , págs. 95–126.
- THAMES, L. y D. SCHAEFER (2016), «Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0», *Procedia CIRP*, **52**, págs. 12–17.
- THOMÉ, A. M. T., L. F. SCAVARDA, S. R. PIRES, P. CERYNO y K. KLINGEBIEL (2014), «A multi-tier study on supply chain flexibility in the automotive industry», *International Journal of Production Economics*, **158**, págs. 91–105, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.07.024>.
- TIAN, G., J. CHU, H. HU y H. LI (2014), «Technology innovation system and its integrated structure for automotive components remanufacturing industry development in China», *Journal of Cleaner Production*, **85**, págs. 419–432, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.020>.
- TORO, C., I. BARANDIARAN y J. POSADA (2015), «A Perspective on Knowledge Based and Intelligent Systems Implementation in Industrie 4.0», *Procedia Computer Science*, **60**, págs. 362–370.

- TRENDS. (2015), «Industry 4.0 and the U.S. manufacturing renaissance», en A.-T. B. book summaries (editor), *Trends e-magazine*, Trends e-magazine, págs. 4–10.
- VINODH, S., S. R. DEVADASAN, K. E. K. VIMAL y D. KUMAR (2013), «Design of agile supply chain assessment model and its case study in an Indian automotive components manufacturing organization», *Journal of Manufacturing Systems*, **32**(4), págs. 620–631, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2013.04.001>.
- VYAS, D., A. KRÖNER y A. NIJHOLT (2016), «From Mundane to Smart: Exploring Interactions with ‘Smart’ Design Objects», *International Journal of Mobile Human Computer Interaction (IJMHCI)*, **8**(1), págs. 59–82.
- WALDNER, F., M. K. POETZ, C. GRIMPE y M. EURICH (2015), «Antecedents and consequences of business model innovation: The role of industry structure», en *Business models and modelling*, Emerald Group Publishing Limited, págs. 347–386.
- WAN, F., P. J. WILLIAMSON y E. YIN (2015), «Antecedents and implications of disruptive innovation: Evidence from China», *Technovation*, **39**, págs. 94–104.
- WANG, S., J. WAN, D. ZHANG, D. LI y C. ZHANG (2016), «Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination», *Computer Networks*, **101**, págs. 158–168.
- WEBER, R. H. y E. STUDER (2016), «Cybersecurity in the Internet of Things: Legal aspects», *Computer Law & Security Review*, **32**(5), págs. 715–728.
- WELLS, P. (2013), «Sustainable business models and the automotive industry: A commentary», *IIMB Management Review*, **25**(4), págs. 228–239, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.iimb.2013.07.001>.
- WEYER, S., M. SCHMITT, M. OHMER y D. GORECKY (2015), «Towards Industry 4.0-Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems», *IFAC-PapersOnLine*, **48**(3), págs. 579–584.

- WOLTER, M. I., A. MÖNNIG, M. HUMMEL, C. SCHNEEMANN, E. WEBER, G. ZIKA, R. HELMRICH, T. MAIER y C. NEUBER-POHL (2015), «Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft», *Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations-und Berufsfeldprojektionen. IAB-Forschungsbericht*, **8**, págs. 1–69.
- YAO, X. y Y. LIN (2015), «Emerging manufacturing paradigm shifts for the incoming industrial revolution», *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, págs. 1–12.
- ZHONG, R. Y., S. T. NEWMAN, G. Q. HUANG y S. LAN (2016), «Big Data for supply chain management in the service and manufacturing sectors: Challenges, opportunities, and future perspectives», *Computers and Industrial Engineering*, **101**, págs. 572–591, 1202.1367v1, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2016.07.013>.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Magdiel Pérez Lara

Candidato para obtener el grado de
Maestría en Logística y Cadena de Suministro

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

SISTEMAS DE INTEGRACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL EN EL
MARCO DE INDUSTRIA 4.0: EVALUACIÓN Y DESARROLLO

Nació el quince de abril de mil novecientos noventa y tres, en Cárdenas, Tabasco, hijo de Manuel Pérez Velásquez y Elsa Lara Hernández, estudió ingeniería industrial en el Instituto Tecnológico de Comitán, en Chiapas.